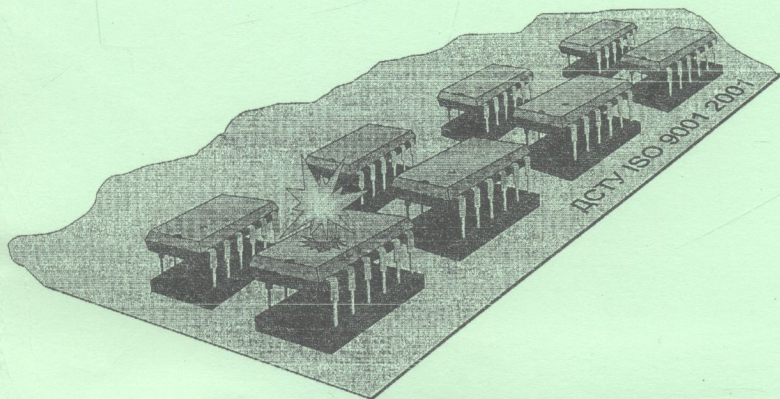


Новіков А. О., Шубін О. В.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ



Міністерство науки і освіти України
Вінницький національний технічний університет

Новіков А.О., Шубін О. В.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ НАДІЙНОСТІ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЇ ВИРОБІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки "Мікроелектроніка та напівпровідникові прилади" і "Електронні прилади та пристрої". Протокол № 13 від "03" липня 2008 р.

Вінниця ВНТУ 2009

УДК 621.396.6
Н 73

Рецензенти:

М. А. Філінюк, доктор технічних наук, професор
В. П. Кожем'яко, доктор технічних наук, професор
В. В. Севаст'янов, кандидат технічних наук

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Новіков А. О., Шубін О. В.
Н 73 **Основи теорії надійності та стандартизації виробів електронної техніки.** Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 152 с.

Навчальний посібник присвячений питанням забезпечення надійності ВЕТ, методам статистичного контролю їх якості, регулюванню технологічних процесів та стандартизації.

УДК 621.396.6

© А. О. Новіков, О. В. Шубін, 2009

ЗМІСТ

Вступ	5
1 НАДІЙНІСТЬ ЯК ВЛАСТИВІСТЬ ПРОДУКЦІЇ	6
1.1 Терміни і означення в області надійності	6
1.2 Показники надійності	7
1.3 Математичні подання показників надійності	11
Контрольні запитання	15
2 ВИДИ ЗОВНІШНІХ ДІЙ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	16
2.1 Основні етапи життєвого циклу ВЕТ та їх зв'язок з зовнішніми факторами	16
2.2 Види зовнішніх дій	19
2.3 Механічні дії	20
2.4 Кліматичні дії та агресивні середовища	25
2.5 Радіаційні дії	27
Контрольні запитання	34
3 ОСНОВНІ ВИДИ, ПРИЧИНИ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДМОВ ВЕТ	35
3.1 Класифікація відмов, пошкоджень та їх аналіз	35
3.2 Аналіз залежності інтенсивності відмов від часу експлуатації	38
3.3 Механізми відмов	40
3.4 Механізми відмов активних елементів	41
3.5 Механізми відмов металізації	43
3.6 Механізми відмов контактів	47
3.7 Механізми відмов в результаті дії механічних навантажень	49
3.8 Механізми відмов при дії радіації	51
Контрольні запитання	53
4 СТАТИЧНИЙ ПРИЙМАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ	54
4.1 Основні поняття	54
4.2 Особливості формування партії продукції та взяття вибірки	55
4.3 Методи статистичного контролю	56
4.4 План контролю. Оперативна характеристика	57
4.5 Показники ефективності СПКЯП	59
4.6 Планування контролю за нормативом граничного значення частки дефектних виробів	61
4.7 Одноступінчастий контроль за альтернативною ознакою	63
4.8 Двоступінчастий СПКЯП за альтернативною ознакою	65
4.9 Планування двоступінчастого контролю за альтернативною ознакою	67
4.10 СПКЯП за кількісною ознакою	69
4.11 Планування СПКЯП за кількісною ознакою	70

4.12 Переваги і недоліки контролю за кількісною ознакою	73
4.13 Планування СПКЯП за економічним критерієм	75
Контрольні запитання	78
5 СТАТИСТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	79
5.1 Основні поняття	79
5.2 Статистичне регулювання	81
5.3 Поопераційне регулювання	83
5.4 Методи статистичного регулювання	84
5.5 СРТП з безпосереднім ступінчастим корегуванням	86
5.6 Планування СРТП з безпосереднім ступінчастим корегуванням за економічним критерієм	88
5.7 СРТП з безпосередньо неперервним за величиною корегуванням	89
5.8 Планування СРТП з безпосереднім неперервним за величиною корегуванням за економічним критерієм оптимальності	90
5.9 Статистичне регулювання з усуненням відхиляючого фактора	94
5.10 СРТП з контролем за якісною ознакою	95
5.11 СРТП з двома границями регулювання	97
5.12 СРТП методом кумулятивних сум	99
5.13 Визначення періодичності контролю при СРТП	100
Контрольні питання	103
6 ОСНОВИ ТЕОРІЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ	104
6.1 Основні поняття	104
6.2 Цілі і завдання стандартизації	106
6.3 Методи стандартизації	108
6.4 Стандарт. Категорії і види стандартів	111
6.5 Техніко-економічна ефективність стандартизації	115
Контрольні питання	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	120
ДОДАТОК А	121

Вступ

Проблема надійності виробів електронної техніки (ВЕТ) залишається однією з основних при їх розробці та використанні. Це пояснюється, з одного боку, постійним ускладненням виробів та їх технологій, а з іншого боку, постійним зростанням вимог до них.

Сучасна теорія надійності складається з двох частин: математичної та фізичної теорій надійності. Перша базується на законах теорії ймовірності і математичній статистиці та встановлює загальні закономірності відмов, визначає показники і параметри надійності. Фізична теорія базується на дослідженнях в області фізико-хімічних процесів, які зумовлюють зміну фізичних та електричних параметрів матеріалів та приладів. Формування цього напрямку дозволило перейти від пасивного спостереження статистичних даних з надійності до поглибленого вивчення причин виникнення відмов, виявлення механізмів деградації і активних науково обґрунтованих дій на технологічні процеси та конструкцію приладу.

Для забезпечення надійності радіоелектронної апаратури в масовому виробництві необхідно проводити різноманітні контрольні, вибірковоувальні, випробувальні операції на підприємстві, яке виготовляє ВЕТ, а також вхідний контроль приладів у виробника продукції.

Масове та багатосерійне виробництво характеризується зростанням частини витрат на контрольні операції в собівартості продукції, іноді ця частина перевищує 50%. Це трапляється тому, що контрольні операції важче механізувати і автоматизувати. Тому важливою проблемою при організації промислового виробництва є проблема скорочення трудомісткості контрольних операцій.

Контрольні операції промислового виробництва поділяють на три частини: контроль якості матеріалів; напівфабрикатів та комплектуючих виробів, що надходять у виробництво (так званий вихідний контроль якості); контроль якості продукції, що виробляється. Метою першої групи контрольних операцій є запобігання зривів у виробництві та зовнішніх причин, а третьої – запобігання проникненню неякісної продукції до споживача. Ці два методи контролю відрізняються лише деякими організаційними моментами, і ми будемо розглядати приймальний контроль якості продукції. Друга група контрольних операцій суттєво відрізняється і перш за все значним зворотним зв'язком та застосуванням різних методів контролю, це називають статичним регулюванням технологічних процесів.

Намагання скоротити витрати на контроль вимагає застосування вибіркового методу контролю. Звичайно, результати вибіркового контролю повинні давати достатньо достовірну інформацію про якість усієї продукції. Тому основним завданням теорії вибіркового контролю є визначення достовірності при зниженні витрат на контроль. Науковою основою в розвитку застосування вибіркового методу контролю у промисловому виробництві стали досягнення теорії ймовірності та математичної статистики.

1 НАДІЙНІСТЬ ЯК ВЛАСТИВІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Терміни і означення в області надійності

Вся промислова продукція, в тому числі напівпровідникові прилади та інтегральні мікросхеми, характеризуються таким показником як якість, яка являє собою комплекс властивостей продукції, що зумовлюють її придатність задовольняти необхідні потреби згідно з призначенням. Надійність є однією з фундаментальних складових продукції. Властивості продукції розділяють на прості і складні. Надійністю ВЕТ називають властивість, яка забезпечує можливість виконання цим виробом заданих функцій з заданими характеристиками у відповідних умовах експлуатації протягом необхідного проміжку часу. Стан виробу, при якому він виконує необхідні функції з відповідними характеристиками, називають роботоздатністю. Властивість виробів зберігати роботоздатність протягом необхідного проміжку часу називають безвідмовністю. Порушення роботоздатності виробу називають відмовою. При цьому під порушенням стану роботоздатності розуміють раптове припинення функціонування приладу, наприклад, через коротке замикання чи обрив або значні зміни електричних параметрів, наприклад, підсилювальних властивостей транзисторів, внаслідок чого перестає працювати схема, де вони використовуються. Внаслідок відмови виникає стан нероботоздатності, при якому виріб не задовольняє хоча б однієї технічної умови, які від нього вимагають. Поява відмови не завжди означає втрату властивості надійності. Звичайно, є вироби, які неможливо використовувати після першої відмови. Такі вироби називають неремонтопридатними (невідновлюваними) або одноразової дії. Властивість, яка полягає у можливості відновити роботоздатність приладу після усунення відмови, називають відновлюваністю. Більш загальним поняттям є властивість ремонтпридатності виробу, яка полягає у можливості передбачення, виявлення та усунення відмови шляхом виконання ремонту і технічного обслуговування. В деяких випадках необхідно, щоб роботоздатність виробу була забезпечена до деякого моменту часу, на який намічено початок відповідної операції. При цьому неважливо, чи була до цього часу відмова, чи ні. Важливо, щоб пристрій знаходився в режимі чекання і почав в будь-який момент часу виконувати задачі, працював безвідмовно в заданих умовах протягом необхідного інтервалу часу. Стан роботоздатності пристрою в будь-який вибраний момент часу називають готовністю. Якщо пристрій в режимі чекання виявиться роботоздатним в будь-який вибраний момент часу і, починаючи з цього моменту, буде зберігати роботоздатність протягом заданого інтервалу часу, то тоді забезпечується оперативна готовність пристрою.

Для деяких пристроїв має значення властивість зберігання, тобто здатність безперервно зберігати справний і роботоздатний стан (задані

характеристики) під час і після збереження та транспортування. Розглядають також граничний стан пристрою, при досягненні якого подальша його експлуатація припиняється, виходячи з безпеки або ефективності. Збереження роботоздатності до граничного стану називають довговічністю. Характеристикою будь-якого приладу, пов'язаною з його експлуатацією, є наробіток, який являє собою тривалість роботи приладу. Наробіток вимірюється в годинах безперервної або сумарної періодичної роботи в електричному режимі. Наробіток приладу в годинах від початку експлуатації до настання граничного стану називають технічним ресурсом. Відрізок часу від початку експлуатації до настання граничного стану називають строком служби. Таким чином, потенційна властивість виробів, їх надійність в загальному випадку проявляється у вигляді складових: безвідмовність, ремонтпридатність, збереженість і довговічність. Залежно від призначення виробу кожна з вказаних складових може бути більшою або меншою за величиною. Так, для виробів одноразової дії головною є безвідмовність, а для виробів довгої (безперервної або циклічної) експлуатації – безвідмовність і відновлюваність (ремонтпридатність).

1.2 Показники надійності

Для кількісної оцінки надійності служать різні показники, які можна розділити на одиничні і комплексні.

Одиничним показником надійності називають такий, який відноситься до однієї з властивостей виробу (безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності або зберігання виробу).

Комплексним показником називають такий, який відноситься до декількох властивостей, що складають надійність виробу. Комплексні показники надійності використовують для кількісної характеристики в основному тільки відновлюваних виробів, тоді як одиничні показники – для характеристики будь-яких виробів. Вибір показників надійності даного конкретного виробу залежить від його призначення і характеру функціонування.

Розглянемо одиничні показники надійності, які характеризують безвідмовність і відновлюваність, а також комплексні показники, які відносяться до цих двох властивостей.

Основним показником безвідмовності є ймовірність безвідмовної роботи, під якою розуміють ймовірність того, що в межах заданого наробітку відмова виробу не настає. Конкретне числове значення ймовірності безвідмовної роботи виробів має лише тоді, коли воно поставлене у відповідність заданому наробітку, протягом якого можливе виникнення відмови. В силу цього ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ розглядається при умові, що в початковий момент часу відліку заданого

наробітку виріб був роботоздатним. Ймовірність безвідмовної роботи можна записати у вигляді:

$$P(t) = 1 - F(t), \quad (1.1)$$

де $F(t)$ – інтегральна функція розподілу.

Функція плавно зменшується від одиниці до нуля (допускається, що в момент ввімкнення виріб роботоздатний). Графік функції показаний на рис. 1.1.

В деяких випадках крім показника ймовірності безвідмовної роботи використовують показник ймовірності відмови, визначаючи його як ймовірність того, що виріб відмовить протягом заданого часу роботи, будучи роботоздатним в початковий момент часу. Ймовірність відмови $Q(t)$ визначають за формулою:

$$Q(t) = F(t) = 1 - P(t). \quad (1.2)$$

В цьому випадку ймовірність відмови $Q(t)$ збігається з інтегральною функцією розподілу наробітку до відмови. Графік функції $Q(t)$ наведений на рис. 1.2. Якщо функція $Q(t)$ диференційована, то безвідмовність можна також характеризувати щільністю ймовірності моменту першої відмови, яка визначається за формулою:

$$f = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dQ(t)}{dt} = - \frac{dP(t)}{dt}. \quad (1.3)$$

З формули (1.3) витікає, що ймовірність безвідмовної роботи на проміжку $(0;t)$ дорівнює інтегралу від моменту часу до нескінченності (тобто площі під кривою щільності ймовірності), показаної на рис.1.2.

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt. \quad (1.4)$$

Особливістю функцій $Q(t)$ і $f(t)$ є те, що вони односторонні, тобто тотожно рівні нулю при $t < 0$. Значення $Q(t) > 0$ при $t < 0$ вводять інколи для опису відмов після зберігання.

Другою важливою диференційною характеристикою безвідмовності є інтенсивність відмов $\lambda(t)$, під якою розуміють умовну щільність ймовірності виникнення відмов виробу, яка визначається для розглянутого моменту часу за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Відповідно до означення інтенсивність відмов визначається щільністю ймовірності, віднесеної до ймовірності безвідмовної роботи виробу на даний момент часу за формулою:

$$\lambda(t) = f(t)/P(t). \quad (1.5)$$

З врахуванням (1.1) і (1.3) одержимо:

$$\lambda(t) = - \frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt} = \frac{1}{1 - F(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt}. \quad (1.6)$$

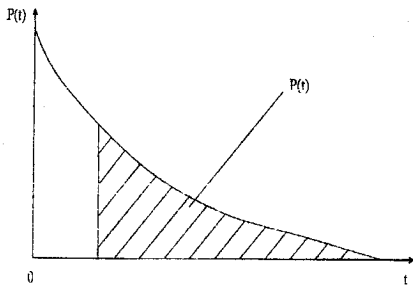


Рисунок 1.1 – Залежність ймовірності безвідмовної роботи від часу напрацювання

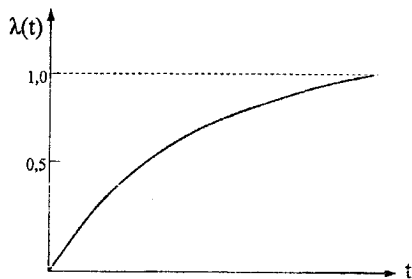


Рисунок 1.2 – Залежність інтенсивності відмов від часу напрацювання

Тут необхідно звернути увагу на те, що інтенсивність відмов як показник безвідмовності має місце тільки у випадку невідновлюваних об'єктів, до яких відносяться ВЕТ. Безвідмовність різної радіоелектронної апаратури, яка в більшості відноситься до відновлюваних об'єктів, характеризується потоком відмов, котрий є відношенням кількості відмов об'єкта за досить малий наробіток до величини цього наробітку.

Щільність ймовірності і інтенсивності відмов мають розмірність год⁻¹, під якою розуміють кількість відмов за одну годину роботи. Значення інтенсивності відмов, в більшості сучасних приладів, залежно від умов експлуатації лежить в межах 10⁻⁷ – 10⁻⁸ год⁻¹. Тому для спрощення запису в перекладній літературі використовують інші одиниці вимірювання, такі, наприклад, як фіт. Один фіт дорівнює 10⁻⁹ год⁻¹. Інтенсивність відмов виробу в 10⁻⁸ год⁻¹ буде дорівнювати 10 фітам. Використовуючи диференційні показники можна формувати інші показники безвідмовності, такі як середній наробіток до відмови, який являє собою математичне сподівання наробітку виробу до першої відмови

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt = \int_0^{\infty} P(t) dt, \quad (1.7)$$

і гамма-процентний наробіток до відмови t_γ , який визначається як наробіток, протягом якого відмови виробу не виникає з ймовірністю γ , поданою в процентах. Цей показник визначається з рівняння

$$P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \frac{\gamma}{100}. \quad (1.8)$$

При визначенні середнього наробітку до відмови враховуються всі можливі значення наробітку в інтервалі часу від 0 до ∞ , в тому числі набагато менші і значно більші за середнє значення наробітку. Внаслідок цього середнє значення наробітку, будучи жорстко пов'язаним з ймовірністю безвідмовної роботи, відображає порівняно невисокий його рівень. Наприклад, для експоненціального розподілу середній наробіток до

відмови відповідає значенню ймовірності безвідмовної роботи, який дорівнює 1000 годин, ймовірність досягнення наробітку 1500 год. менше 0,37 і з ростом наробітку порівняно з середнім наробітком ймовірність безвідмовної роботи зменшується, досягаючи нульового рівня на границі. З метою оцінки наробітку при задовільному рівні безвідмовної роботи і введено поняття гамма-процентного наробітку. Так, для того ж експоненціального розподілу гамма-процентний наробіток при $P(t_\gamma) = 0,9$ буде приблизно в 10 раз менший, а при $P(t_\gamma) = 0,99$ в 100 раз менший середнього наробітку до відмови. Це означає, що при середньому наробітку до відмови, рівному 1000 годин, ймовірність безвідмовної роботи на рівні 0,99 забезпечується тільки на перших 10 год. роботи виробу. Або в партії з 100 виробів, які працюють в однакових умовах і характеризуються середнім наробітком до відмови в 1000 год. через 10 год. роботи з ймовірністю 0,99 залишаються роботоздатними 99 виробів, а через 100 год. – 90. А через 1000 год. всього біля 37 виробів будуть роботоздатними.

Показником довговічності є середній ресурс (математичне сподівання ресурсу) і гамма-процентний ресурс. Останній являє собою наробіток, протягом якого виріб не досягає граничного стану з заданою ймовірністю γ , поданою в процентах. Співвідношення між цими показниками такі, як і між розглянутими раніше показниками безвідмовності.

Крім того, до показників довговічності відносяться середній строк служби (математичне сподівання строку служби) і гамма-процентний строк служби, який визначається як календарна тривалість експлуатації виробу, протягом якої він досягає граничного стану з заданою ймовірністю γ , поданою в процентах. Співвідношення між ресурсом і строком служби одного й того ж типу виробу може змінюватись залежно від інтенсивності його експлуатації. Наприклад, ресурс виробів, рівний 8000 год. може бути використаний протягом одного року при експлуатації в апаратурі, яка працює в безперервному режимі, і протягом 10 років і більше – в апаратурі періодичної дії при середніх витратах ресурсу 700 – 800 год./рік.

Показником зберігання є середній строк зберігання (математичне сподівання, терміни зберігання) і гамма-процентний термін зберігання, визначений як термін зберігання, який досягається виробом, з заданою ймовірністю γ , поданою в процентах.

Показники довговічності і зберігання визначаються за формулами, ідентичними формулам, які описують показники безвідмовності. При $\gamma = 100\%$ гамма-процентний наробіток (ресурс, термін служби, термін зберігання) називають встановленим безвідмовним наробітком (встановленим ресурсом, встановленим терміном зберігання); при $\gamma = 50\%$ гамма-процентний наробіток (ресурс, термін служби, термін зберігання) називають медіанним наробітком (ресурсом, терміном служби, терміном зберігання).

1.3. Математичні подання показників надійності

Досвід експлуатації багатьох виробів електронної техніки показує, що для цих елементів характерні три види залежностей інтенсивності відмов від часу, які відповідають трьом періодам життя цих виробів (рис. 1.3).

1. Інтенсивність відмов монотонно зменшується, що характерно для періоду приробки, протягом якого проявляються всі дефекти, викликані, головним чином, технічними причинами, а не властивостями конструкції.

2. Інтенсивність відмов залишається приблизно постійною, що відповідає так званому періоду нормальної експлуатації. Протягом цього періоду виникають головним чином раптові відмови.

3. Інтенсивність відмов монотонно зростає, що свідчить про настання періоду зносу, який викликається процесами старіння. В цей період переважають поступові відмови.

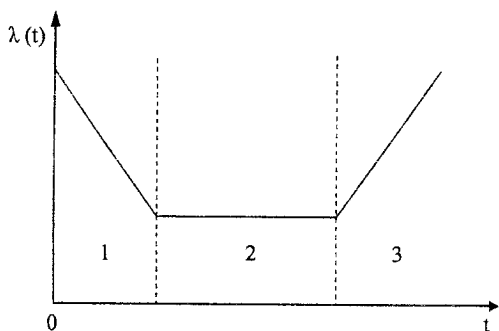


Рисунок 1.3 – Залежність інтенсивності відмов від часу роботи виробу під навантаженням

Інтенсивність відмов значною мірою залежить від електричних навантажень та навантажень, зумовлених дією зовнішніх факторів (теплові навантаження, вібрації тощо).

Інтенсивність відмов можна використати для визначення ймовірності безвідмовної роботи і встановлення функціональної взаємозалежності між показниками надійності. Використовуючи вираз (1.3), запишемо

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = -\frac{dP(t)}{P(t)dt} \quad (1.9)$$

Інтегруючи вираз (1.9) методом розділення змінних, розв'яжемо його відносно $P(t)$:

$$\frac{dP(t)}{P(t)} = -\lambda(t)dt; \quad \ln[P(t)] = -\int_0^t \lambda(t)dt; \quad P(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t)dt\right] \quad (1.10)$$

З виразу (1.10) видно, що основний показник надійності – ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ – це експоненціальна функція, котра в межах часу $(0 \rightarrow \infty)$ змінюється від 1 до 0. Ймовірність відмови $Q(t)$, яка відображає випадок, протилежний безвідмовній роботі в тих самих межах часу, змінюється від 0 до 1. Використовуючи це, можна записати:

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt, \quad \text{при } t \rightarrow \infty \quad Q(t) = \int_0^t f(t)dt = 1.$$

Враховуючи (1.2) виразимо ймовірність безвідмовної роботи через щільність ймовірності відмови $f(t)$

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_0^{\infty} f(t) dt - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt. \quad (1.11)$$

Вигляд залежностей $P(t)$ і $Q(t)$ показаний на рис. 1.1., 1.2. З рисунка видно, що ймовірність безвідмовної роботи монотонно зменшується із зростанням наробітку, а ймовірність відмови збільшується. Таким чином, запас надійності, який має прилад в момент часу $t = 0$, поступово витрачається і при досить довгій експлуатації прилад стає практично нероботоздатним.

Використовуючи функціональну залежність між показниками, можна при відомому одному з показників надійності визначити всі інші. Разом з тим, слід сказати, що розглянуті вище співвідношення є в деякій мірі математичною абстракцією і на практиці для визначення надійнісних показників не можуть використовуватись тому, що точні значення вихідних величин, зокрема інтегральної функції розподілу наробітку до відмови, нам не можуть бути відомими. Виходом з цього положення є використання статичних імовірнісних характеристик, які визначаються дослідним шляхом. При цьому допускається, що в досліді використовуються однакові події і випробування проводяться в однакових умовах. Для напівпровідникових приладів і мікросхем робиться припущення про те, що всі вироби, які випробовуються, мають однакові електричні параметри і фізичні характеристики, випробовуються в одних і тих самих режимах та умовах зовнішніх дій. Достовірність статистичних характеристик тим вища, чим більша кількість виробів використовується для проведення випробовувань і чим більша тривалість випробовувань.

Таблиця 1.1 – Функціональний зв'язок між показниками надійності

Відома функція	$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$P(t)$	–	$1 - P(t)$	$-\frac{d}{dt}[P(t)]$	$-\frac{1}{P(t)} \frac{d}{dt}[P(t)]$
$Q(t)$	$1 - Q(t)$	–	$\frac{d}{dt}[Q(t)]$	$-\frac{1}{1 - Q(t)} \frac{d}{dt}[Q(t)]$
$F(t)$	$\int_t^{\infty} f(t) dt$	$\int_0^t f(t) dt$	–	$\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t) dt}$
$\lambda(t)$	$\exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$	$1 - \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$	$\lambda(t) \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right]$	–

Для визначення статистичних імовірнісних характеристик при розрахунку показників надійності будемо виходити з того, що в нашому розпорядженні є партія з N виробів, які піддаються випробуванням в однакових умовах протягом деякого часу t до відмови всіх виробів в партії. Введемо такі позначення:

$N(0)$ – кількість придатних виробів перед початком випробувань $t=0$;

$n(t)$ – кількість виробів, які відмовили в момент часу t ;

$n(t+t_0)$ – кількість виробів, які відмовили до моменту $t+t_0$;

$\Delta n(t+t_0)$ – кількість виробів, які відмовили в проміжку часу від t до $t+t_0$;

$N(t)$ – кількість придатних виробів в момент часу t ;

$N(t+t_0)$ – кількість виробів, придатних в момент часу $t+t_0$.

Обговоримо ще одну умову, відповідно до якої в процесі випробувань забезпечується безперервний контроль часу виробів і фіксація моменту часу настання відмови. Враховуючи прийняті припущення, основні показники безвідмовності визначаються так.

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t_0)$ в проміжку часу від 0 до t_0 визначається як відношення кількості виробів, які безвідмовно пропрацювали до моменту часу t_0 , до кількості виробів, придатних в початковий момент часу $t=0$:

$$\hat{P}(t_0) = \frac{N(t_0)}{N(0)} = \frac{N(0) - n(t_0)}{N(0)} = 1 - \frac{n(t_0)}{N(0)}. \quad (1.12)$$

В ряді випадків необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи на проміжку часу від t до $t+t_0$, яка являє собою умовну ймовірність того, що випадковий час роботи виробу до відмови буде більшим за величину $t+t_0$ за умови, що виріб вже пропрацював безвідмовно до моменту часу t :

$$P(t, t+t_0) = \frac{P(t+t_0)}{P(t)}. \quad (1.13)$$

Аналогічно до (1.12) вираз (1.13) можна перетворити до виду

$$\hat{P}(t, t+t_0) = \frac{N(t+t_0)}{N(0)} \cdot \frac{N(0)}{N(t)} = \frac{N(t+t_0)}{N(t)}. \quad (1.14)$$

Щільність розподілу наробітку до відмови $f(t)$ визначимо як відношення кількості відмов на проміжку часу $(t, t+\Delta t)$ до добутку кількості придатних виробів в початковий момент часу $t=0$, помноженому на тривалість нескінченно малого проміжку часу

$$\hat{f}(t) = \frac{n(t+\Delta t)}{N(0) \cdot \Delta t} = \frac{N(t+\Delta t)}{N(0) \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{N(0) \cdot \Delta t}, \quad \text{при } \Delta t \rightarrow 0. \quad (1.15)$$

На відміну від щільності розподілу наробітку до відмови інтенсивність відмов $\hat{\lambda}(t)$ визначимо як відношення кількості відмов на проміжку $[t, t+\Delta t]$ до добутку кількості справних виробів в момент часу на тривалість нескінченно малого проміжку часу Δt :

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N(t) \cdot \Delta t} = \frac{N(t + \Delta t) - N(t)}{N(t) \cdot \Delta t} = \frac{\Delta n(t, \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}, \quad \text{при } \Delta t \rightarrow 0. \quad (1.16)$$

Слід мати на увазі, що інтенсивність відмов $\hat{\lambda}(t)$ відрізняється від щільності розподілу наробітку до відмови $\hat{f}(t)$ тим, що в першому випадку розрахунок ведеться відносно числа справних виробів на момент часу t , а в випадку щільності розподілу – на момент часу $t = 0$.

Середній наробіток до відмови визначається як середнє арифметичне значення наробітку всіх виробів, які використовуються при випробуваннях:

$$\bar{t} = \frac{1}{N(0)} \cdot \sum_{i=1}^{N(0)} t_i. \quad (1.17)$$

Розглянуті вище співвідношення справедливі для будь-яких типів невідновлюваних виробів, закони розподілу показників надійності яких заздалегідь не відомі. Проте використання їх для розрахунку показників надійності напівпровідникових приладів і мікросхем, а також для прогнозування їх поведінки на довгий період, обмежене. Це пов'язано з тим, що ці вироби мають високу надійність і відмови можуть мати місце дуже рідко. Тому, щоб отримати достатньо достовірну інформацію для проведення розрахунків показників надійності, необхідно проводити довгі випробування, крім того, відсутність даних про закони розподілу відмов не дозволяє поширювати результати розрахунків за межі часу випробувань і прогнозувати надійність на довгий період. Вказані обставини викликають необхідність отримані в результаті випробувань розподіли наробітку до відмови апроксимувати не емпіричними формулами, а використовувати відомі закони розподілу випадкових величин.

Контрольні запитання

1. Дайте означення понять надійності і якості продукції.
2. Які вироби відносять до виробів одноразової дії?
3. Перерахуйте основні показники надійності.
4. Поясніть, в якому випадку ймовірність відмови збігається з інтегральною функцією розподілу наробітку до відмови.
5. В яких випадках використовується такий показник надійності як ймовірність безвідмовної роботи?
6. Яку розмірність має інтенсивність відмов?
7. Що являє собою такий показник надійності як середній наробіток до відмови?
8. Перерахуйте основні показники довговічності та зберігання.
9. Як змінюється інтенсивність відмов ВЕТ від часу їх експлуатації?
10. Запишіть, як визначається через ймовірність безвідмовної роботи інтенсивність відмов.
11. Наведіть функціональну залежність ймовірності відмови і щільність розподілу наробітку до відмови.
12. Поясніть, як визначається ймовірність безвідмовної роботи в проміжку часу від 0 до t_0 .
13. Поясніть, як визначається ймовірність безвідмовної роботи в проміжку часу від t до $t+t_0$.
14. Поясніть, чим відрізняється інтенсивність відмов від щільності розподілу наробітку до відмови.
15. Запишіть, як визначається інтенсивність відмов через ймовірність відмов.
16. Як визначається середній наробіток до відмови?

2 ВИДИ ЗОВНІШНІХ ДІЙ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

2.1 Основні етапи життєвого циклу ВЕТ та їх зв'язок з зовнішніми факторами

Для оцінки впливу різних факторів на надійність ВЕТ бажано розглянути так званий життєвий цикл виробу від моменту виникнення ідеї його створення до експлуатації в апаратурі. При цьому необхідно виділити основні фактори, домінуючі протягом окремих періодів циклу, які можна назвати етапами. Слід зауважити, що поняття життєвого циклу виробу та окремі його етапи – категорії умовні. Але вони дозволяють в загальних рисах показати основні тенденції впливу зовнішніх факторів на параметри виробів і їх надійнісні характеристики.

Існування виробу починається з формування технічних вимог до нього (рис. 2.1).

Факторами, які обумовлюють цей етап, є в першу чергу потреби вдосконалення тієї чи іншої апаратури, компетентність фахівців, які експлуатують і розробляють її, їх спроможність правильно оцінити можливість модернізації апаратури в потрібному напрямку і необхідність створення нового приладу.

Найбільш важливим є етап розробки приладу. Успіх розробки визначається етапом фундаментальних теоретичних знань, які можуть бути покладені в основу конструювання приладу, ступінь узагальнення досвіду аналогічних розробок, теоретичними положеннями і науковими досягненнями суміжних технічних напрямків, рівнем обладнання, яке знаходиться в розпорядженні розробника, початковою якістю матеріалів, кваліфікацією і творчою інтуїцією науково-технічного персоналу. Найбільш важливим цей етап є тому, що тут разом з основними фізичними і електричними параметрами закладаються надійнісні характеристики виробу, які обумовлюють його подальшу долю. На всіх подальших етапах життєвого циклу приладу вже неможливо вжити якихось заходів, які покращували б закладені при розробці надійнісні характеристики.

На етапі виробництва реалізуються всі параметри, в тому числі і надійнісні характеристики, закладені при розробці. Цей етап обумовлюють вихідні матеріали, досконалість технології і обладнання, методи і обладнання контролю, кваліфікація інженерного і виробничого персоналу. Найкращим досягненням етапу виробництва можуть бути надійнісні характеристики, закладені при розробці. Від того, наскільки правильно вибраний перелік приладів, які входять в апаратуру, режими їх роботи, використані методи захисту від різних перевантажень залежить подальший успіх функціонування апаратури і безвідмовність використаних в ній приладів.

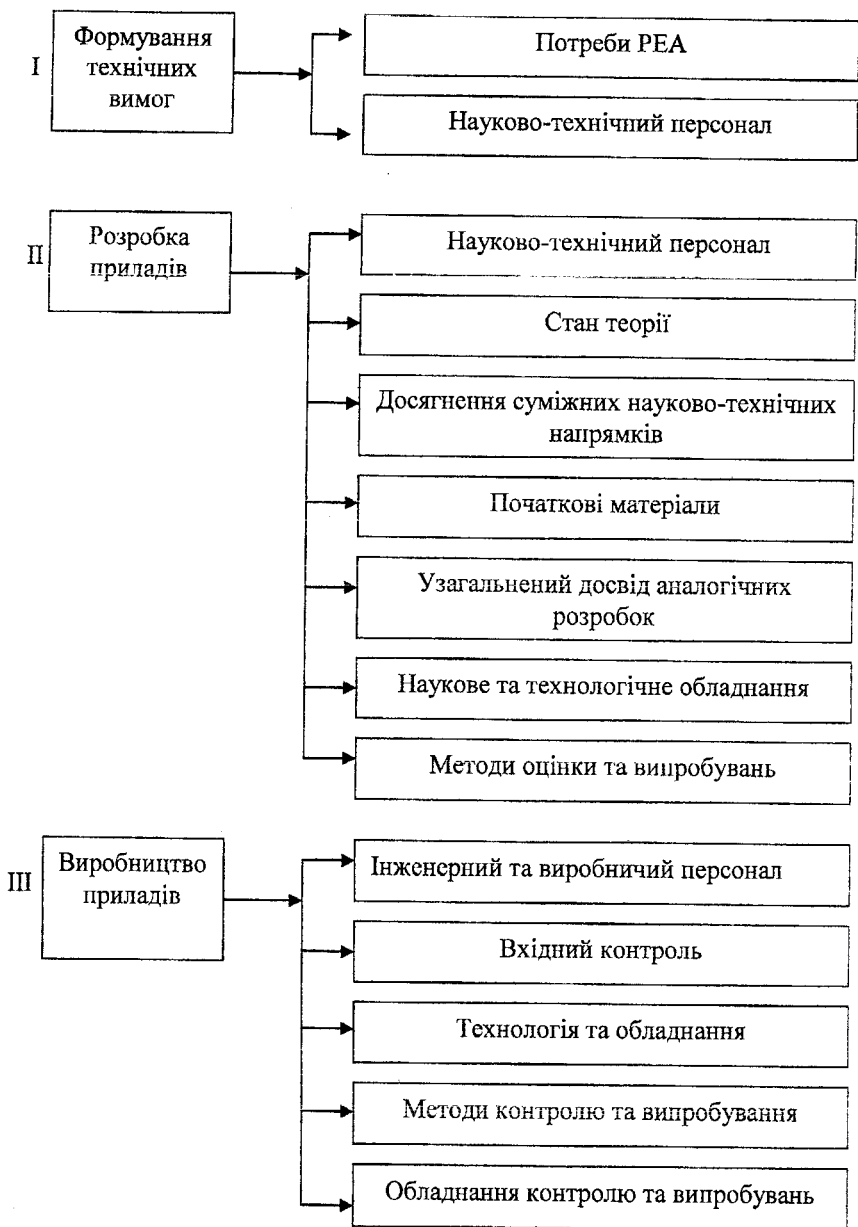


Рисунок 2.1 – Етапи життєвого циклу виробу

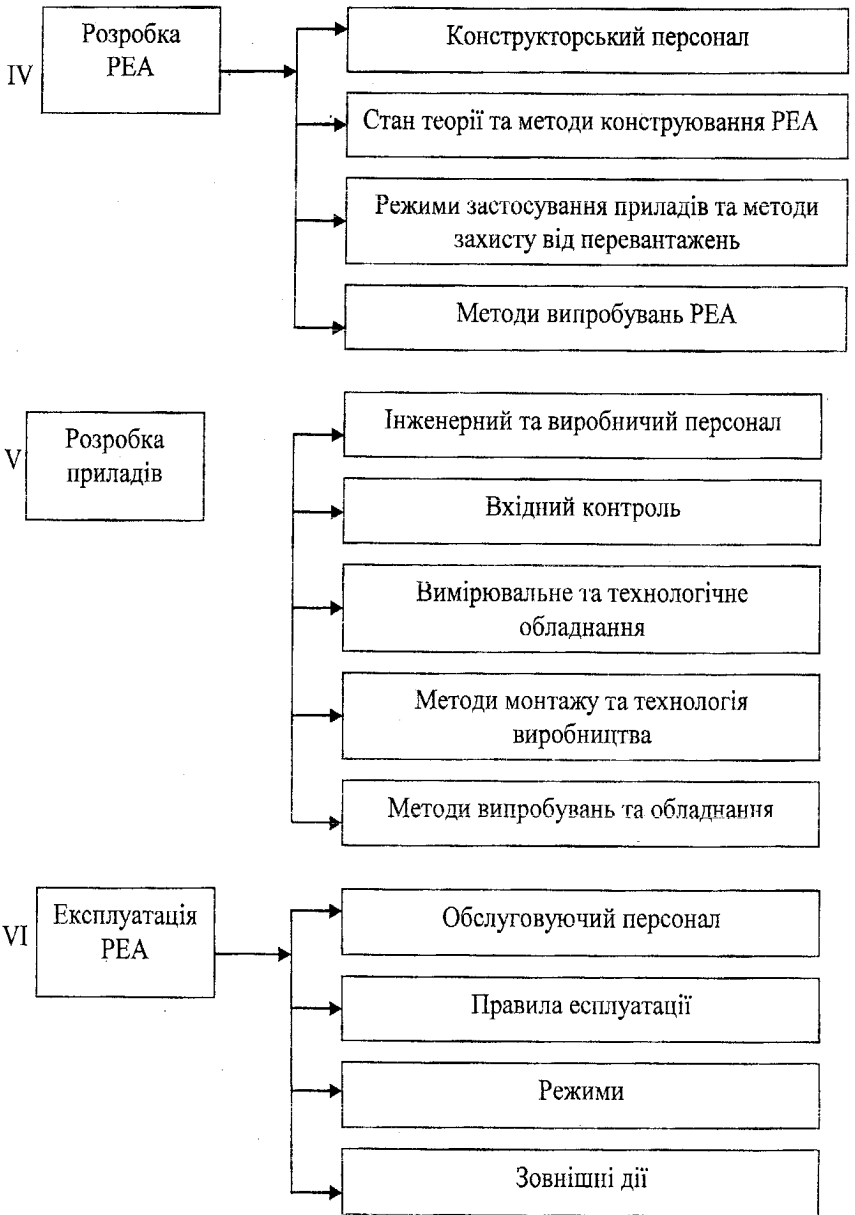


Рисунок 2.1, аркуш 2

При виробництві радіоелектронної апаратури (РЕА) реалізуються надійнісні характеристики, закладені при її розробці і відповідно зберігаються надійнісні характеристики приладів. Тут дуже важливо підкреслити, що характеристики приладів в кращому випадку зберігаються. В дійсності вже при проведенні вхідного контролю в споживача починається витрата ресурсу приладу. В тій чи іншій мірі ресурс витрачається під час термо- та електротренувань в процесі формування виводів та монтажу, при випробуванні РЕА перед відправкою споживачу. При цьому стані внаслідок неправильного ставлення прилад може бути повністю або частково виведений з ладу. Найбільш небезпечні часткові пошкодження у вигляді прихованих дефектів, котрі можуть бути виявлені тільки на подальших етапах життєвого циклу приладу.

Заключним в життєвому циклі приладу є етап експлуатації в складі РЕА. Це головний період в життєвому циклі, тому що на ньому прилад виконує функції за своїм основним призначенням. Визначним фактором при цьому є режим і експлуатаційні правила. Якщо всі попередні етапи пройшли в оптимальних умовах, використовуються такі режими, що ресурс виробу витрачається економно, експлуатаційні правила розроблені і їх дотримуються, то висока надійність функціонування приладу в складі апаратури буде забезпечена.

2.2 Види зовнішніх дій

Аналіз всіх видів зовнішніх дій показує, що за фізичними ознаками їх можна розділити на два основних класи: дії, які викликають негайну реакцію виробу (до них відносяться різні види опромінювань, механічні, теплові та електричні навантаження тощо) та дії, які викликають накопичувальну реакцію приладу (до цього класу належать різні кліматичні фактори, такі як волога, соляний туман, агресивні середовища тощо). Вони не викликають негайних змін характеристик виробів і не впливають безпосередньо на їх електрофізичні параметри. Однак при тривалому перебуванні виробу в умовах підвищеної вологості або агресивному середовищі поступово погіршуються міцнісні характеристики виробу, порушується їх герметичність. Навколишнє середовище починає контактувати з активними областями виробу і поступово змінюються їх електричні параметри, що може призвести до втрати робоздатності і відмов.

Для оцінки здатності протистояти зовнішнім діям використовують такі характеристики виробів: міцність, тобто здатність виробу виконувати свої функції і зберігати свої параметри в межах допусків після дії того чи іншого зовнішнього фактора або їх комплексу; стійкість, тобто здатність виробу виконувати свої функції і зберігати параметри, встановлені за нормативно-технічною документацією (НТД), під час і після тієї чи іншої зовнішньої дії.

Таким чином, говорячи про міцність виробу, ми допускаємо збереження його роботоздатності після дії зовнішнього фактора. При цьому цілком можливо, що при дії цього фактору мала місце тимчасова втрата роботоздатності виробу.

Стійкість же є більш широким поняттям. Вона передбачає збереження роботоздатності виробами в процесі зовнішньої дії і після неї. В зв'язку з тим, що ВЕТ повинні надійно працювати в складі апаратури в умовах дії різних зовнішніх факторів, до них ставляться різні вимоги по стійкості, які відображаються в НТД.

2.3 Механічні дії

Сучасна РЕА різного призначення при експлуатації і транспортуванні піддається динамічним діям вібрації, ударним і лінійним перевантаженням, впливу акустичних шумів, частотні і амплітудні діапазони яких дуже широкі. Ці дії передаються на елементи апаратури, викликають порушення нормального режиму роботи і механічні пошкодження елементів. Останнім часом загроза механічних пошкоджень збільшилась через постійне збагачення акустичного спектра рухомих об'єктів високочастотними складовими, які більш ефективно діють на фізико-механічні властивості матеріалів, змінюють робочі характеристики апаратури.

При роботі двигунів (а також при русі з великими швидкостями в атмосфері) виділяється значна кількість механічної енергії. Наприклад, потужність акустичних навантажень, яка генерується двигунами сучасного реактивного літака, досягає сотень кіловат, а загальні потужності акустичних навантажень, які виникають при роботі двигунів космічних ракет, досягають сотень мегават.

До апаратури, яка використовується в нестандартних умовах рухомих об'єктів, висуваються нові підвищені вимоги, такі як стійкість до хаотичних вібрацій і віброударів, а також ударостійкість при рівнях прискорень до 80000 – 120000 м/с.

Використання нових технологічних процесів виготовлення приладів і РЕА висунуло проблему стійкості до дії ультразвуку.

Нормативно-технічна документація включає вимоги з таких видів механічних навантажень:

- вібраційних (на фіксованій частоті в діапазоні частот);
- ударних (одноразових і багаторазових);
- лінійних;
- акустичних.

Під дією механічних навантажень в елементах конструкції виробів виникають динамічні і статичні деформації, які супроводжуються складними коливальними процесами, тому що корпусні і активні елементи приладів є своєрідною коливальною системою.

Слід підкреслити, що процеси механічної дії ударно-вібраційних навантажень і акустичних шумів різні.

В першому випадку механічна дія на прилад передається елементам його конструкції через місце закріплення в апаратурі. Тому навантаження в цьому випадку має відповідний напрямок, внаслідок чого елементи конструкції залежно від їх положення відносно напрямку ударно-вібраційної дії будуть піддаватись різному навантаженню. Крім того, елементи конструкції в місцях закріплення приладів є своєрідними демпфівальними пристроями, які послаблюють дії джерела вібрації на інші конструктивні елементи приладу.

У випадку акустичних шумів механічним діям піддаються в рівній мірі всі елементи без яких-небудь послаблень. Тому дія акустичних шумів при інших рівних умовах є найбільшою небезпекою для приладів.

Проаналізуємо механізми реакції окремих конструктивних елементів приладів на механічні дії.

Реакція корпусу, зумовлена його деформацією за рахунок вібрацій або акустичних дій, проявляється у вигляді:

- знакозмінних механічних напруг в елементах корпусу;
- деформації зв'язаних з корпусом елементів внутрішньої арматури і напівпровідникового кристала;
- зміни діелектричних властивостей і питомого опору матеріалу, накопичення статичного заряду на ізоляційних елементах корпусу;
- деградація конструкції корпусу.

Реакція внутрішньої арматури, обумовлена деформацією корпусу приладу, проявляється у вигляді:

- знакозмінних механічних напруг в елементах;
- механічних коливань елементів;
- деформації напівпровідникового кристала в місцях його з'єднання з елементами внутрішньої арматури;
- деградації конструкції елементів внутрішньої арматури.

Реакція активного елемента, зумовлена деформацією корпусу приладу та зв'язаних з ним елементів внутрішньої арматури, проявляється у вигляді:

- знакозмінних механічних напруг на елементах структури р-п переходу і напівпровідникового кристала;
- деформації провідникових елементів на поверхні напівпровідникового кристала, відділення окремих шарів і обрив провідників;
- деформації перехідного шару між активними елементами і основою, відрив кристала від кристалотримача;
- деградації активного приладу, розтріскування і руйнування кристала.

Одночасно з реакцією механічного характеру можливе зростання рівня електричних шумів за рахунок струмів, які наводяться на коливальних елементах, і розмиття вольт-амперних характеристик р-п переходу через тензочутливість напівпровідникового приладу.

Внаслідок дії вібрації в конструктивних елементах приладів виникають коливання, інтенсивність яких залежить як від конструкції приладу, так і від виду вібраційної дії.

При короткочасних вібраційних діях конструктивні елементи приладів можуть розглядатись як коливальні системи, в яких проходять вільні коливання, власна частота яких визначається за формулою:

$$\omega_0 = \sqrt{k/m},$$

де m – маса коливального елемента;

k – коефіцієнт пружності елемента, що являє собою коефіцієнт пропорційності між відновлюваною силою, яка виникає в системі при вільних коливаннях і переміщеннях x , на які зміщується елемент відносно положення рівноваги.

В реальних коливальних системах завжди має місце тертя і тому коливання поступово затухають. Найбільш поширеним випадком є система, в якій сила тертя пропорційна лінійній швидкості коливального елемента, тобто

$$f = -bv = \frac{bdx}{dt},$$

де f – сила тертя;

b – коефіцієнт пропорційності;

v – лінійна швидкість переміщення елемента.

З врахуванням вищеприйнятого, рівняння руху елемента буде мати такий вигляд:

$$\frac{md^2x}{dt^2} + \frac{bdx}{dt} + kx = 0,$$

де $\frac{md^2x}{dt^2}$ – сила, що діє в системі внаслідок руху елемента з масою m ;

kx – відновлювальна сила, яка визначається властивостями системи.

Використовуючи рівняння руху, можна показати, що, якщо затухання мале, то логарифмічний декремент затухання являє собою відносне зменшення амплітуди коливань за один період.

У випадку дії на конструктивні елементи приладу змінної за величиною зовнішньої сили ці елементи будуть здійснювати вимушені коливання, характер яких в тій чи іншій мірі буде повторювати характер зміни зовнішньої сили.

Рівняння руху коливального елемента при дії синусоїдальної вібрації має такий вигляд:

$$\frac{md^2x}{dt^2} + \frac{bdx}{dt} + kx = F, \quad (2.1)$$

де $F = F_0 \sin \omega t$ – зовнішня сила, яка викликає вимушені коливання;
 ω – частота зміни зовнішньої сили.

$$x = x_0 \sin(\omega t + \varphi), \quad (2.2)$$

де φ – зсув фаз вимушених коливань.

Спільне рішення рівнянь (2.1) і (2.2) дозволяє визначити амплітуду вимушених коливань елементів

$$x = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4a^2\omega^2}}. \quad (2.3)$$

Якщо провести аналіз цього виразу, то можна побачити, що при частотах вимушених коливань значно менших і значно більших власної частоти коливань амплітуда переміщення коливального елемента дорівнює амплітуді статичного переміщення під дією вимушеної сили F_0 . На частотах, близьких до власної частоти елементів приладу, амплітуда переміщення різко зростає і збільшується добротність системи. При цьому добротність прямо пропорційна масі елемента і обернено пропорційна коефіцієнту тертя. Отже, якщо необхідно усунути явище резонансу, слід зменшувати масу елементів конструкції приладу і використовувати демпфірування для збільшення коефіцієнта тертя в системі.

Ударні дії на ВЕТ виникають при транспортуванні, при використанні їх в бортовій радіоапаратурі. Слід підкреслити, що прилади не піддаються безпосередньому впливу удару в місці дотику, а сприймають енергію, яка при цьому виділяється через пружні зв'язки конструктивних елементів апаратури. Характерною особливістю ударної взаємодії є те, що тіло реагує на удар під час дії і після неї.

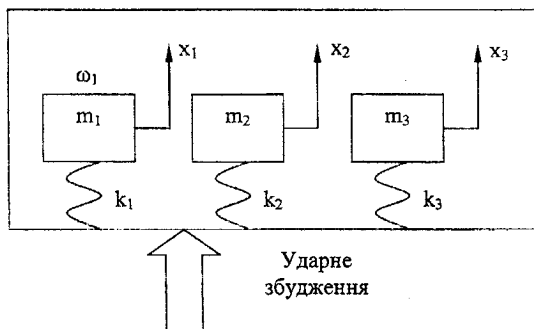


Рисунок 2.2 – Корпус приладу, до складу якого входять конструктивні елементи у вигляді коливальних систем x -зміщення елемента відносно фіксованої системи координат

Ударну дію прийнято характеризувати імпульсом збудження, який являє собою зміну з часом ударного прискорення τ . Імпульс збудження характеризується максимальним прискоренням і довжиною. При ударі елементи конструкції корпусів приладів здійснюють коливання, форма і характер яких залежить від фізичних параметрів приладу і форм імпульсів збудження.

Особливість коливальних процесів конструктивних елементів полягає в тому, що в процесі удару вони здійснюють вимушені, а після удару — вільні коливання.

Конструктивні елементи ВЕТ можна зобразити у вигляді найпростіших коливальних систем, які мають власну частоту вільних коливань і складаються з зосередженої маси і пружного елемента у вигляді пружини з жорсткістю k (рис. 2.2).

При одноразовій ударній дії в конструктивних елементах приладу можливі три режими коливань — балістичний, квазістатичний і квазірезонансний. Виникнення того чи іншого режиму визначається співвідношенням між довжиною імпульсу збудження і періодом власних коливань конструктивного елемента T_i :

$$Z = 2 \frac{\tau}{T_i} = \frac{\omega \tau}{\pi}$$

Балістичний режим має місце при $Z \ll 1$, коли конструктивний елемент має порівняно велику масу при малому коефіцієнті пружності. В цьому випадку за час дії імпульсу збудження елемент практично не переміщується і вся енергія ударної дії витрачається на стиснення. При закінченні імпульсу збудження елемент рухається за законом вільних коливань з амплітудою прискорення обернено пропорційною частоті вільних коливань. При цьому найбільше переміщення елемента не залежить від форми кривої імпульсу збудження.

Квазістатичний режим виникає при $Z \gg 1$ в системі, яка має малу масу і достатню велику пружність. В цьому режимі переміщення маси системи і її прискорення під час удару практично збігається з переміщенням імпульсу збудження. Ослаблення навантаження на систему не відбувається, а деформація пружного елемента і внутрішнє зусилля в ньому незначні.

Квазістатичний режим характеризується незначним викривленням форми кривої імпульсу, яке викликається накладенням на нього коливань системи з власною частотою ω . Переміщення маси елемента не залежить від форми ударного імпульсу. Після закінчення ударної дії система коливається з власною частотою.

Квазірезонансний режим має місце при $Z = 1$. Під час дії імпульсу збудження внаслідок резонансних явищ збільшується амплітуда переміщення маси елемента порівняно з ударним переміщенням. Збільшення

амплітуди переміщення до сталого значення відбувається і в процесі вільних коливань системи після закінчення ударної дії. Ступінь збільшення переміщення визначається коефіцієнтом підсилення η , значення якого залежно від форми імпульсу збудження лежить в межах 1,2 – 2.

При дії синусоїдального імпульсу збудження коефіцієнт підсилення дорівнює 1,8. При пилоподібній формі – 1,2. Найбільше збільшення амплітуди переміщення має місце при дії трапецоїдального імпульсу, при якому коефіцієнт підсилення $\eta = 2$.

Насамкінець цього розділу сформулюємо основні рекомендації із забезпечення надійної роботи ВЕТ при механічних діях:

1. При розробці необхідно провести розрахунок конструкції виробу на міцність до механічних дій;

2. Для досягнення стійкості до вібраційних дій необхідно вибирати параметри конструктивних елементів таким чином, щоб власні частоти коливань цих елементів лежали за межами допустимого діапазону частот експлуатації, тим самим виключається можливість виникнення резонансних явищ при вібраційних діях. Для ВЕТ рекомендується діапазон частот, вищий 5 кГц;

3. Для зменшення добротності коливань систем конструктивних елементів необхідно використовувати демпфірування у вигляді в'язких наповнювачів;

4. Для забезпечення стійкості до ударних дій необхідно вибирати конструктивні елементи з параметрами, які мають найбільш високі власні частоти. При цьому ударні дії зводяться до квазістатичного режиму. В окремих випадках, коли прилади використовуються в умовах низькочастотного діапазону вібрацій, балістичний режим є найбільш сприятливим.

2.4 Кліматичні дії та агресивні середовища

Кліматичні фактори, такі як вологість, підвищення або зниження температури, сонячна радіація та інші, в комплексі характеризують умови зовнішнього середовища, в яких експлуатується апаратура, виготовлена з використанням ВЕТ. Ступінь дії кліматичних факторів значною мірою визначається кліматичними та географічними зонами, в яких експлуатується апаратура.

Використання приладів в складі бортової апаратури літаків, ракет, космічних об'єктів розширило діапазон зовнішніх дій, яким можуть піддаватися вироби електронної техніки. Комплекс факторів, що визначаються тиском і вологістю в верхніх шарах атмосфери, значно відрізняється від умов, які мають місце на землі. Численні спостереження показують, що атмосфера землі має складну будову і її основні риси визначаються, в першу чергу, особливостями вертикального розподілу температури.

Склад повітря, як і температура, змінюються з висотою, що приводить до зміни густини і тиску.

В космічній техніці великий вплив на роботоздатність приладів мають так звані термовакуумні фактори. Вони включають глибокий вакуум, променеві, теплові потоки, невагомість.

Глибокий вакуум і невагомість сприяють тепловим перевантаженням, які виникають внаслідок зниження здатності приладів розсіювати потужність за рахунок відсутності конвективних потоків газів. Джерелом променивих теплових потоків є Сонце. Щільність потоку сонячного випромінювання на поверхні Землі дорівнює в середньому 1400 Вт/м^2 . Слід відмітити, що ВЕТ в складі апаратури не призначені для функціонування в висотних шарах атмосфери або відкритому космосі без спеціальних засобів захисту герметизації і підтримання оптимального режиму навантаження. Проте в багатьох випадках при використанні в наземній і бортовій апаратурі прилади можуть піддаватися дуже сильним діям факторів зовнішнього середовища, в тому числі при транспортуванні і зберіганні в польових умовах. Все це говорить про те, що кліматичні фактори, які викликають в основному накопичувальну реакцію в приладах, повинні досліджуватись при розгляді всіх станів життєвого циклу ВЕТ.

Реакція ВЕТ на стаціонарні теплові дії пов'язана з температурною залежністю їх електричних параметрів. Якщо режими роботи приладу вибрані правильно, грамотно сконструйована апаратура, то зміни електричних параметрів приладів при зміні температури будуть знаходитися в допустимих межах і не викличуть відмов апаратури. Разом з тим експлуатація апаратури протягом довгого часу при підвищених температурах викликає старіння вихідних конструктивних матеріалів, а в деяких матеріалах, які мають органічну основу, таких як скло і кераміка, можуть виникати структурні зміни. В сплавах з високим електричним струмом завжди нелінійно змінюється провідність. Нелінійний характер має і коефіцієнт температурного розширення. Теплове старіння матеріалів прискорюється при дії сонячної радіації і особливо за рахунок ультрафіолетової складової, старінню сприяють електричні і механічні навантаження.

Тривалі дії від'ємних температур сприяють збільшенню крихкості металевих і пластмасових конструкцій, зниженню їх стійкості до вібраційних ударних дій.

Дія вологи на ВЕТ пов'язана з абсорбцією води, яка є в навколишньому середовищі, на поверхні корпусу і виводах приладу. Вода є дуже активною хімічною сполукою. Осідаючи на поверхні корпусу, волога утворює плівку електроліту. Випикаючи при цьому хімічні реакції прискорюються дією світла, електричних полів тощо. Корозія металевих елементів корпусів призводить до зниження їх механічної стійкості. Об'ємна корозія, яка пов'язана з проникненням вологи в пори і мікротріщини,

призводить до порушення герметичності корпусу приладу. Тривала дія вологи на полімерні матеріали, які використовуються для герметизації ВЕТ, призводить до змін їх фізико-хімічних характеристик, з підвищенням температури значно зростає розчинність різних елементів в воді та її хімічна активність. В реальних умовах експлуатації не слід допускати безпосереднього контакту приладу з вологою, водою, туманом, інеєм та рососою, тому що дія вологи в цьому агрегатному стані може бути дуже інтенсивною.

Дія зниженого і підвищеного тиску на ВЕТ має місце при їх використанні в складі бортової апаратури авіаційних і космічних об'єктів. При зниженому тискові виникають відмови, зумовлені погіршенням тепловіддачі за рахунок зниження конвекції, а також виникненням значних механічних напруг в корпусних деталях за рахунок різниці тисків всередині і зовні корпусу. Це може призвести до перегріву активної структури приладу, теплового пробою, крім того, зменшується електрична стійкість повітря. Підвищений атмосферний тиск викликає механічні дії на конструктивні елементи приладів, які здатні призвести до пошкодження корпусу приладу і порушення його герметичності.

Насамкінець слід відзначити, що розглянуті вище фактори діють, як правило, в комплексі, підсилюючи один одного і можуть призводити до виникнення сприятливих умов для переважного розвитку того чи іншого механізму відмови. Слід також вказати і на те, що зовнішні фактори діють разом з електричним і тепловими режимами, при яких прилади використовуються. Останнє викликає прискорення дефектоутворення в конструкційних елементах і деградаційних процесів в них.

В зв'язку з вищесказаним, необхідно розробляти спеціальні засоби для захисту приладів від зовнішніх дій з метою створення оптимальних умов для функціонування в апаратурі за прямим призначенням і забезпечення тим самим високої надійності.

2.5 Радіаційні дії

Радіаційні дії можуть викликати як миттєву, так і накопичувальну реакцію ВЕТ. Серед різних видів випромінювань найбільш небезпечним для приладів є потужні електромагнітні випромінювання і частинки високих енергій.

Особливо впливає на прилади рентгенівське випромінювання і гамма-промені. Електромагнітне випромінювання в діапазоні довжин хвиль $10^{-9} + 10^{-12}$ м називають рентгенівським. Воно буває двох типів: характеристичне, яке виникає внаслідок переходу електронів із зовнішніх орбіт важких і середніх атомів на вакантні рівні внутрішніх оболонок, і гальмівне, пов'язане з гальмуванням швидких електронів при їх русі в речовині.

Гамма-промені виникають при ядерних реакціях і при переході ядра зі збудженого стану в незбуджений. Для кількісної оцінки дії рентгенівського

і гамма-випромінювання використовуються такі фізичні величини як доза і потужність опромінення.

Джерела і рівні радіації описуються експозиційною дозою опромінення, яка являє собою кількість випромінювання, що створює шляхом іонізації в одному кілограмі сухого атмосферного повітря заряд, рівний одному кулонові кожного знаку. За одиницю вимірювання експозиційної дози прийнята фізична величина, яка має назву кулон на кілограм (Кл/кг).

Для опису інтенсивності опромінювання використовується фізична величина, яка називається потужністю експозиційної дози. Це приріст експозиційної дози за одиницю часу. Одиниця вимірювання – ампер на кілограм (А/кг) – дорівнює потужності випромінювання, яке передає сухому атмосферному повітрю дозу опромінення в Кл/кг за 1 с.

В ряді випадків для опису експозиційної дози використовується широко відома несистемна одиниця, яка називається рентгеном і дорівнює $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг, а для опису інтенсивності опромінення – рентген за секунду (Р/с).

Ефективність опромінення залежить від параметрів джерела випромінювання, особливостей об'єкта, який опромінюється і його маси. Вона характеризується поглинальною дозою опромінення, якою називається фізична величина, що дорівнює відношенню середньої енергії, переданої випромінюванням речовині в елементарному об'ємі до маси речовини в цьому об'ємі. Одиницею поглинальної дози є греї за секунду (Гр/с), рівний поглинутій дозі опромінення, яка відповідає енергії опромінення будь-якого виду величиною 1 Дж, переданій опроміненій речовині масою 1 кг. $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$.

Потужність поглинутої дози характеризує інтенсивність передачі енергії випромінювання речовині і являє собою фізичну величину, яка визначається приростом поглинутої дози за одиницю часу. Одиницею потужності поглинутої дози є греї за секунду (Гр/с), рівний потужності дози опромінення, при якій за час 1 с опроміненою речовиною поглинається доза опромінення 1 Дж/кг. Для поглинутої дози опромінення і потужності поглинутої дози допускається використання несистемних одиниць, які називаються рад і відповідно рад за секунду (рад/с); $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Найбільш ефективно діють на прилади заряджені частинки, такі як α -частинки (ядро гелію), прогони (ядро водню), β -частинки (електрони) з енергією більше 10 кеВ, а також нейтральні частинки – нейтрони, які мають високу проникаючу здатність. За рівнем енергії прийнято ділити нейтрони на повільні або теплові з енергією близько 0,025 кеВ і швидкі з енергією більше 10 кеВ.

Для кількісної оцінки високоенергетичних частинок використовуються такі фізичні величини як потік і щільність потоку іонізуючих частинок.

Потоком іонізуючих частинок називається фізична величина, рівна числу частинок, що потрапляють на дану поверхню за одиницю часу. Одиницею потоку частинок є 1/секунду (c^{-1}), рівна потоку іонізуючих частинок, при якому через відповідну поверхню за 1 с проходить одна частинка.

Щільністю потоку іонізуючих частинок називається фізична величина, що дорівнює відношенню потоку іонізуючих частинок, проникаючих в об'єм елементарної сфери, до площі перетину цієї сфери. Одиниця щільності потоку ($c \cdot m^2$)⁻¹ дорівнює щільності рівномірного потоку іонізуючих частинок, при якій через поверхню площею 1 м², що перпендикулярна потоку, за 1 с проходить одна іонізуюча частинка.

В сучасній практиці широко використовується несистемна одиниця – інтегральний потік частинок, яка являє собою щільність потоку помножену на час експозиції. Вона має розмірність м⁻².

При опроміненні змінюються електрофізичні параметри вихідних матеріалів і наслідком цього є зміна параметрів ВЕТ на основі р-п-переходів. При цьому для виявлення якісної картини змін в допустимих границях спростимо математичні вирази, які описують параметри приладів.

Розглянемо напівпровідникові діоди. Їх основними характеристиками є прямий спад напруги, зворотний струм і зворотна пробивна напруга.

Повний спад напруги в прямому напрямку можна подати у вигляді двох складових:

$$U_d = U_{p-n} + U_b, \quad (2.4)$$

де U_d – повний спад напруги на діоді;

U_{p-n} – спад напруги на р-п-переході;

U_b – спад напруги на базовій області.

Розглянемо кожну з складових окремо. Використовуючи відомий вираз для вольт-амперної характеристики діода, можна записати

$$U_{p-n} = \frac{mkT}{q} \left(\ln \frac{I_{np}}{A} + B \cdot \ln t \right), \quad (2.5)$$

де m – коефіцієнт, який змінюється в межах від 1 до 2;

k – стала Больцмана;

T – абсолютна температура;

I_{np} – прямий струм через діод;

A та B – коефіцієнти, що містять різні електрофізичні характеристики та практично незалежні під опромінення.

З виразу (2.5) випливає, що спад напруги на р-п-переході в основному визначається одним радіаційно-залежним параметром τ – часом життя неосновних носіїв; при зменшенні часу життя із зростанням інтегрального потоку опромінення спад напруги на області просторового заряду для одного і того ж значення прямого струму зменшується.

Складова прямого спаду напруги U_6 при відсутності модуляції провідності в основному визначається питомим опором базової області.

$$U_6 = f(c_6). \quad (2.6)$$

В зв'язку з тим, що питомий опір вихідного матеріалу напівпровідника зі зростанням інтегрального потоку опромінення збільшується, складова прямого спаду напруги на базовій області буде збільшуватись. Таким чином, в зв'язку з тим, що зміни складових прямого спаду напруги при опроміненні ΔU_{p-n} і ΔU_6 мають різні знаки, на початковій ділянці вольт-амперної характеристики, коли прикладена напруга в основному припадає на області просторового заряду, сумарний прямий спад напруги із зростанням інтегрального потоку опромінення зменшується (рис. 2.3). При деякому значенні прямого струму I_a , абсолютні значення змін складових прямого спаду напруги однакові.

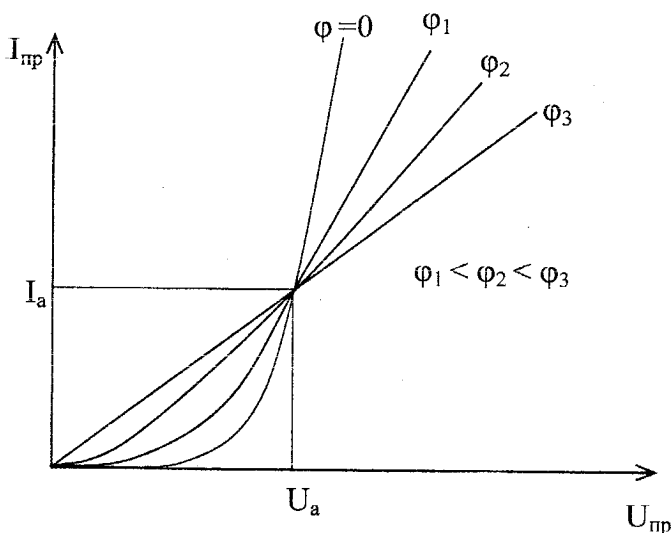


Рисунок 2.3 – Вольт-амперні характеристики напівпровідникового діода при різних дозах опромінення

При цьому повний прямий спад напруги на діоді із зростанням інтегрального потоку опромінення залишається незмінним. Проте, в цілому пряма гілка вольт-амперної характеристики кремнієвих діодів під дією опромінення піддається значній трансформації. Із зростанням інтегрального потоку опромінення ΔU_{p-n} диференційний опір в прямому напрямку монотонно збільшується за рахунок експоненціального зростання питомого опору базової області. При високих рівнях опромінення майже повністю зникають випрямні властивості діода.

Зворотний струм діода в основному складається з двох компонентів

$$I_{\text{звор}} = I_{\text{д}} + I_{\text{г}}, \quad (2.7)$$

де $I_{\text{д}}$ – дифузійна складова, зумовлена термогенерацією носіїв в базовій області;

$I_{\text{г}}$ – генераційно-рекомбінаційна складова, зумовлена термогенерацією носіїв у збідненому шарі p-n-переходу.

В загальному вигляді їх можна подати залежністю:

$$I_{\text{д}} = A_1 \frac{n_i^2}{n_n} + \frac{n_i^2}{p_p} B_1, \quad (2.8)$$

де A_1 та B_1 – співмножники, що містять різноманітні електрофізичні характеристики вихідного матеріалу, які слабо залежать від опромінення;

n_i – власна концентрація носіїв у напівпровіднику.

В зв'язку з тим, що концентрація носіїв у напівпровіднику експоненційно зменшується із зростанням інтегрального потоку опромінення, залежність дифузійної складової зворотного струму від потоку також експоненційна:

$$I_{\text{д}} = e^t. \quad (2.9)$$

Генераційно-рекомбінаційні складові в основному визначаються часом життя неосновних носіїв заряду:

$$I_{\text{г}} = \frac{A_{\text{г}} n_i}{B_{\text{г}} \tau}. \quad (2.10)$$

де A_2 і B_2 – коефіцієнти, практично незалежні від опромінення.

З виразу (2.10) виходить, що $I_{\text{г}}$ лінійно зростає із зростанням інтегрального потоку опромінення, тому що час життя носіїв монотонно зменшується.

В германієвих діодах генераційно-рекомбінаційна складова зворотного струму дуже мала порівняно з дифузійною, в той самий час у кремнієвих діодів дифузійна складова приблизно в 10^3 разів більша за генераційно-рекомбінаційну. Внаслідок цього при інших однакових умовах зворотний струм германієвих діодів із зростанням інтегрального потоку опромінення змінюється більш різко, ніж у кремнієвих діодів.

Зворотна пробивна напруга діодів, в основному, визначається концентрацією основних носіїв або питомим опором вихідного матеріалу.

$$U_{\text{звор проб}} \cong \rho^z, \quad (2.11)$$

де z – показник степені, залежний від характеру пробою.

В зв'язку із зростанням питомого опору при опроміненні зворотна пробивна напруга також зростає, проте через зростання зворотного струму зворотна гілка вольт-амперної характеристики стає більш пологою.

При розгляді *біполярних транзисторів* все вищерозглянуте є справедливим. Проте додатково слід розглядати параметри і характеристики

транзистора, які відображають його підсилювальні властивості. В загальному вигляді залежність коефіцієнта передачі струму від електрофізичних параметрів, які змінюються під дією опромінення, можна записати виразом:

$$h_{21e\phi} = f(\tau_{\phi}, t_{6\phi}, s_{\phi}), \quad (2.12)$$

де $h_{21e\phi}$ – коефіцієнт передачі емітерного струму;

$t_{6\phi}$ – час прольоту носіїв через базу;

s_{ϕ} – швидкість поверхневої рекомбінації;

τ_{ϕ} – час життя неосновних носіїв заряду.

В зв'язку з тим, що основні електрофізичні параметри транзистора – час життя неосновних носіїв τ_{ϕ} , час пролітання носіями бази $t_{6\phi}$, швидкість поверхневої рекомбінації s_{ϕ} – змінюються під дією опромінення, при цьому час життя в зміні підсилювальних властивостей транзистора відіграє домінуючу роль, коефіцієнт передачі струму h_{21e} із зростанням інтегрального потоку опромінення зменшується. Швидкість зміни підсилювальних властивостей і характер залежності зміни h_{21e} від інтегрального потоку опромінення значною мірою визначається конструктивними особливостями транзисторів, електричними режимами їх роботи та видом опромінення.

У *польових транзисторах* з р-п-переходом параметри приладів визначаються станом каналу між стоком і витоком, основною характеристикою якого є провідність або концентрація основних носіїв. В зв'язку з тим, що при опроміненні концентрація основних носіїв зменшується, знижується максимальний струм між витоком і стоком, зменшується напруга відсічки. В польових транзисторах структури метал-діелектрик-напівпровідник значну роль відіграють зміни, що виникають в підзатворному діелектрику і на межі діелектрик-напівпровідник. Під дією випромінювання в об'ємі підзатворного діелектрика накопичується, як правило, позитивний заряд, величина якого і місце створення залежать від потоку опромінення, величини і полярності прикладеної напруги. Це викликає збільшення порогової напруги транзистора, зменшення крутизни сток-затворної характеристики. За рахунок виникнення дефектів в діелектрику вхідний опір транзистора зменшується пропорційно кореню квадратному зі значення інтегрального потоку опромінення.

При дії опромінення на *інтегральні мікросхеми* процеси значно ускладнюються і визначаються не тільки змінами характеристик вихідних матеріалів, діодів і транзисторних структур, але й значною мірою, топологією інтегральної мікросхеми, її схемотехнічним призначенням та вихідними параметрами.

В інтегральних мікросхемах на основі МОН-транзисторів іонізуюче опромінення (внаслідок заряду в діелектрику) викликає зсув порогової напруги і зменшення крутизни характеристики затвора. Результатом дії може

бути зміна рівня нуля і одиниці в цифрових інтегральних мікросхемах, нестійка робота перемикальних елементів і зниження завадостійкості.

Потужні імпульси гамма-квантів і заряджених частинок призводять до виникнення великих іонізаційних струмів в активних областях і колах зв'язку. При цьому можливі значні перевантаження з виникненням електричного і теплового пробою р-п-переходів та ізолювальних областей, що призводить до збоїв в роботі мікросхеми і виходу її з ладу. В напівпровідникових інтегральних схемах з ізоляцією р-п-переходом виникають більші фотоструми, ніж в аналогічних схемах на дискретних елементах. При цьому основний вклад в сумарний фотострум вносить підкладка, яка зі створеними на ній р-п-переходами утворює паразитні діоди та транзисторні елементи. Вплив вказаних елементів повністю виключається при використанні діелектричної ізоляції і тонкоплівкових резисторів.

Порівняно зі схемами на дискретних елементах інтегральні мікросхеми мають більш високу радіаційну стійкість відносно залишкових радіаційних ефектів і менш стійкі до дії імпульсного іонізуючого опромінення. Дія потоку швидких нейтронів на напівпровідники призводить до зменшення рухомості і концентрації основних носіїв, скорочення часу їх життя, що в свою чергу викликає зменшення коефіцієнта передачі базового струму, зростання струму витікання і напруги насичення біполярного транзистора, а також зміни затворної напруги діодів і ємності р-п-переходу. Зміна параметрів елементів мікросхем впливає на їх статичні та динамічні характеристики.

Аналіз показує, що біполярні мікросхеми, виготовлені методом подвійної дифузії, можуть працювати, зберігаючи свої початкові характеристики, при рівні потоку нейтронів порядку $5 \cdot 10^{17} \text{ м}^{-2}$, МОН-схеми -- при рівнях 10^{19} м^{-2} . Найбільш перспективним з точки зору стійкості до дії нейтронів є транзисторно-транзисторна логіка з діодами Шоткі. Серед біполярних схем найбільш радіаційностійкою є емітерно-зв'язана логіка. В зв'язку з тим, що в аналогових інтегральних схемах використовуються горизонтальні структури р-п-р-транзистора та транзистори з високим коефіцієнтом підсилення і низькими струмами, то вони дуже чутливі до дії нейтронів, і діапазон відмов лежить в межах опромінення $10^{16} \div 10^{18} \text{ м}^{-2}$.

Безперервне іонізуюче опромінення призводить до збільшення струмів витікання в біполярних транзисторах, що може призвести до відмов вже при дозах опромінення порядку 10^5 рад.

Цифрові мікросхеми в більшості випадків нормально працюють при дозах 10^7 рад.

Контрольні запитання

1. Перерахуйте і дайте коротку характеристику основних етапів життєвого циклу ВЕТ.
2. Як впливають зовнішні фактори на окремі етапи життєвого циклу ВЕТ?
3. Перерахуйте основні види зовнішніх дій.
4. Чим відрізняється стійкість приладу від його міцності?
5. Дати коротку характеристику впливу механічних дій на стійкість ВЕТ.
6. Навести рівняння коливального руху елемента при дії синусоїдальної вібрації.
7. Як впливають кліматичні дії на ВЕТ?
8. Дати коротку характеристику радіаційних дій на ВЕТ.
9. Як змінюється ВАХ р-п-переходу при радіаційному опроміненні?

3 ОСНОВНІ ВИДИ, ПРИЧИНИ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДМОВ ВЕТ

3.1 Класифікація відмов, пошкоджень та їх аналіз

Всяку зміну в стані приладу, пристрою чи системи, яка веде до втрати можливості виконувати функції і зберігати свої експлуатаційні показники в відповідних межах при заданих режимах і умовах експлуатації, називають відмовою.

Відмова – це подія, яка відповідає повній втраті роботоздатності або виходу одного чи декількох параметрів, встановлених технічними умовами як критерії придатності, за межі заданих норм.

При дії на прилади, пристрої або системи експлуатаційних і випробувальних навантажень створюються умови, в яких наявність дефектів призводить до виникнення або прискорення фізико-хімічних процесів, що призводять до відмов. Такі фізико-хімічні процеси називають механізмами відмов.

Надійність інтегральних мікросхем (ІМС) характеризується ймовірністю безвідмовної роботи та інтенсивністю відмов за одиницю часу λ . В нормальних умовах експлуатації ІМС мають інтенсивність відмов $\lambda = 10^{-7} \div 10^{-9} \text{ год}^{-1}$. При оцінці надійності ІМС використовують такі поняття:

- критерій придатності – параметр, за величиною або зміною якого вважають ІМС придатною або непридатною для використання;

- повна відмова – це порушення електричної, механічної або теплової стійкості ІМС (коротке замикання), пробій діелектрика, обрив виводів, а також відхилення параметрів (критеріїв придатності) за критичні значення, при яких ІМС стає практично нероботоздатною в будь-якому пристрої при допустимих умовах експлуатації;

- раптова відмова – це раптова зміна одного або декількох параметрів виробів. Раптові відмови часто називають катастрофічними відмовами;

- поступова відмова – це поступова зміна одного або декількох заданих параметрів виробів з часом. Вона виникає в результаті відхилення значень цих параметрів від параметрів критеріїв придатності. Поступові відмови на практиці часто називають умовними, тому що при одному і тому ж значенні критеріїв вони в одному випадку призводять до втрати роботоздатності пристрою, а в іншому – не впливають на неї.

Самоусуванні відмови (перемикальні) – це відмови, які виникають в виробках при зовнішніх діях і зникають при їх відсутності. Вони виявляються в процесі механічних (ударів) і кліматичних випробувань (термічних навантажень) із обов'язковим електричним підключенням (електричний режим). Цей вид відмов розпізнається дуже важко. Найпростішим прикладом таких відмов є збої, які виникають в приладах через наявності в об'ємах герметичного корпусу провідних частинок, які

можуть створювати короточасні замикання між внутрішніми выводами і окремими струмопровідними доріжками.

При аналізі відмов дуже важливо встановити етап життєвого циклу приладу, який є першою причиною виникнення відмов. В зв'язку з цим розрізняють конструкційні відмови, які виникають як наслідок помилок і порушень правил і норм конструювання в період розробки. При виявленні таких відмов повинні бути прийняті відповідні міри щодо доопрацювання конструкції приладу, які викликають появу подібних помилок в наступних партіях приладу.

Розрізняють також виробничі відмови, які виникають в результаті порушення встановленого технологічного процесу виготовлення виробу і його недосконалої.

Експлуатаційні відмови виникають в результаті порушення встановлених умов експлуатації виробу. Причинами виникнення цих відмов може бути неправильна оцінка можливостей виробу, перевантаження, несприятливі дії навколишнього середовища.

Розглянуті вище терміни знайшли своє відображення в Державних стандартах і НТД та є обов'язковими при класифікації відмов.

На практиці використовують інші терміни. Так, відмови ВЕТ за зовнішніми проявами можна розділити на короткі замикання, обриви і зміни параметрів. Короткі замикання і обриви відносять до так званих "катастрофічних відмов". Ці відмови є раптовими і повними. На відміну від них відмови, зумовлені зміною параметрів, бувають, як правило, частковими і з часом розвиваються поступово. Тому їх називають "деградаційними" відмовами.

Якщо в процесі вдосконалення конструкції та технології причини виникнення раптових відмов можуть бути для багатьох випадків усунуті, то поступові відмови, які відображають процеси старіння і деградації, в принципі, виключити неможливо.

Значне поширення отримав термін "систематична відмова". Під ним розуміють багаторазово повторювану відмову, зумовлену дефектами конструкції виробу, порушеннями технологічного процесу його виготовлення, низькою якістю вихідних матеріалів, неправильною експлуатацією.

Суттєвим при розгляді відмов є визначення кількісних або якісних ознак відмов. Ознаки, які дозволяють встановити факт порушення придатного або роботоздатного стану, називають критеріями відмов.

Для поступових відмов, які в технічній літературі нерідко називають деградаційними або параметричними відмовами, критеріями бувають рівні змінення електричних параметрів, вище або нижче яких прилад згідно з технічною документацією вважається таким, що вийшов з ладу.

Аналіз відмов являє собою дослідження повністю відмовлених ВЕТ з використанням електричних вимірювань і багатьох досконалих

аналітичних методів фізики, хімії і металургії для встановлення причини відмов і ідентифікації типів або механізмів відмов.

Дослідження відмов проводять в два етапи: попередній і повторний аналіз відмов. Завданням попереднього аналізу відмов є встановлення:

а) ознак відмови, тобто кількісні і якісні показники, які відрізняють відмовляючу мікросхему від працюючої;

б) виду відмови виробу або оптимальної ознаки відмови, введеної з метою класифікації;

в) місця відмови відмовляючого елемента;

г) виду відмови елемента;

д) причин відмови – подій (явищ або їх сукупності), які призвели до відмови;

е) рекомендації щодо визначення виявлених причин відмов.

Завданням повторного аналізу відмов є виявлення і уточнення причин і механізмів відмов виробів, встановлення закономірностей їх виникнення за допомогою статистичних, фізичних і фізико-хімічних методів.

Аналіз повинен давати правильні висновки про причини відмов, тому що за його результатами проводять корегувальні дії в технологічному процесі, конструюванні виробу, процесі випробувань з метою усунення цих причин.

Для проведення аналізу використовують такі основні методи:

а) оптичні для візуального дослідження виробів за допомогою різних мікроскопів;

б) електричні з пристосуваннями, що дозволяють переміщення зондів або виробів відносно зондів для локального дослідження електричних кіл виробу;

в) прості хімічні (промивання, травлення, очищення, розчинення) для видалення захисних покриттів;

г) фізико-хімічні (електрична, рентгено-телевізійна, сканувальна, електронна мікроскопія тощо) для дослідження поверхневих і приповерхневих шарів структури виробу.

Аналіз відмов виконують за заздалегідь складеною програмою, яка являє собою послідовність дій і операцій, спрямованих на встановлення місця і причини відмови. В основу програми закладають такі методи досліджень і дій, які не є руйнівними з точки зору впливу на результати подальших етапів аналізу цього виробу. Спочатку дослідження проводять на герметизованому виробі, а потім на розкритому.

Вироби, що відмовили, надходять на аналіз і супроводжуються документацією, де вказуються: умови, при яких виникла відмова; режим роботи або випробувань; повні відомості про виріб - тип, паспорт, номер партії тощо.

Аналіз відмов проводиться в такій послідовності:

а) повторні вимірювання електричних параметрів;

- б) зовнішній огляд корпусу і виводів;
- в) вимірювання вольт-амперних характеристик окремих кіл на зовнішніх затискачах;
- г) спеціальні вимірювання параметрів, передбачених технічними умовами;
- д) перевірка герметичності корпусу;
- е) розкриття корпусу;
- ж) огляд і фотографування розкритого виробу;
- и) перевірка монтажу;
- к) зняття захисного покриття,
- л) мікроскопічне дослідження структури;
- м) контроль електричних параметрів структурних елементів;
- н) спеціальні види досліджень структури, наприклад: за допомогою методів неруйнівного контролю (НРК).

3.2 Аналіз залежності інтенсивності відмов від часу експлуатації

Зовнішні дії, і особливо теплові та електричні навантаження, прискорюють взаємодію та генерацію дефектів. Внаслідок цього всі ці процеси призводять до відмов виробів.

Узагальнена крива залежності інтенсивності відмов ВЕТ від часу експлуатації показана на рис. 3.1. Вона відображає всі вище розглянуті процеси. На ній є три характерні ділянки.

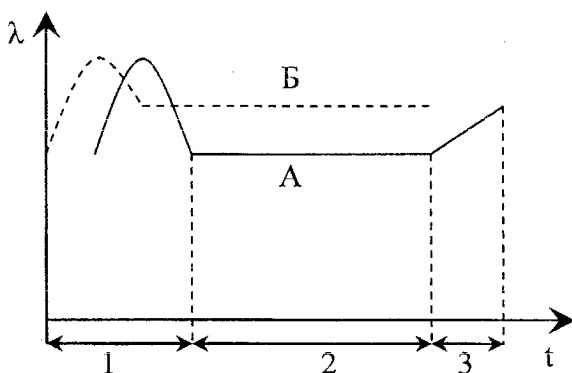


Рисунок 3.1 – Залежність інтенсивності відмов від часу експлуатації

Ділянка 1 тривалістю $100 \div 500$ годин (залежно від конструкції виробу) отримала в літературі назву ділянки припрацювання. На цій ділянці інтенсивність відмов з часом збільшується, досягає максимуму і потім зменшується до деякого сталого значення. В цей період відмовляють вироби з несприятливими поєднанням дефектів і досконалостей. Можливо,

що дефекти можуть об'єднуватись, в результаті чого число відмов приладів за одиницю часу збільшується. На цій ділянці кривої інтенсивності відмов функція розподілу відмов добре описується розподілом Вейбулла при значенні коефіцієнта форми $B > 1$. На спадній ділянці кривої інтенсивності відмов кількість виробів з несприятливим поєднанням недосконалостей зменшується, тому зменшується і кількість відмов за одиницю часу. На цій ділянці також справедливий розподіл Вейбулла з коефіцієнтом $B < 1$.

Ділянку 2 називають ділянкою нормальної роботи приладу. Протягом всієї ділянки інтенсивність відмов постійна і для опису характеристик надійності справедливий експоненціальний розподіл.

Значний досвід експлуатації виробів показав, що в дійсності інтенсивність відмов на ділянці нормальної роботи не залишається постійною, а поступово зменшується. Ця обставина говорить про те, що на цій ділянці з загальної кількості виробів в результаті відмов вилучаються вироби з відносно великими дефектами і несприятливим їх поєднанням. Ті вироби, що залишилися справними, мають дрібніші дефекти, отже, меншу здатність до відмов.

На ділянці 3 інтенсивність відмов різко збільшується. Це виникає через втомні явища в конструкційних матеріалах і настання стадії зносу виробу. Проте ця стадія в напівпровідникових приладах тільки передбачається, тому що на практиці ні для одного з приладів, які експлуатуються в нормальних умовах, ця ділянка не спостерігається. На цій ділянці справедливий нормальний розподіл відмов.

Збільшення жорсткості режиму експлуатації викликає переміщення кривої інтенсивності відмов вгору по осі ординат і вліво по осі абсцис (крива Б на рис. 3.1). Це пов'язано з тим, що жорсткіший режим експлуатації прискорює вихід з ладу виробів на ділянці припрацювання і час припрацювання скорочується, крім того, жорсткіший режим експлуатації викликає зростання інтенсивності відмов на всіх ділянках кривої.

Існування ділянки припрацювання на узагальненій кривій розподілу інтенсивності відмов ще раз підтверджує наявність в виробках, які пройшли вихідний контроль, відповідної кількості зразків з відносно великими дефектами, нерозпізнаними міжопераційними і заключними контрольними операціями.

Наявність такої фракції приладів в генеральній сукупності створює суттєві незручності для виготовлення апаратури, тому що, будучи вмонтованими у відповідні блоки, вони призведуть до ранніх відмов апаратури. Вихід з цього може бути здійснений двома шляхами. Перший з них полягає в підвищенні діяльності контролю, який дозволив би виключати з сукупності виробів всі екземпляри з відносно великими дефектами і тим самим отримувати однорідну продукцію, яка містить

недосконалості, що не розрізняються апаратурою, наявною в розпорядженні сучасного виробництва. Проте, цей шлях може бути реалізованим на практиці тільки в розумних межах, тому що він пов'язаний з різким підвищенням вимог до вихідних матеріалів з використанням дуже складної і малопродуктивної контрольної апаратури, а також з суттєвим ускладненням технологічного процесу. Виключна складність здійснення цього шляху призводить до значних матеріальних затрат, внаслідок чого виробництво приладів стає економічно недоцільним.

Другий шлях ґрунтується на використанні рухомості ділянки припрацювання під дією навантаження. Методи тренування приладів перед монтажем в апаратуру використовують цю властивість. Прилади піддаються дії підвищених навантажень, безпечних для виробів, які не мають значних прихованих дефектів. При цьому за короткий відрізок часу можна досягти настання відмов потенційно ненадійних приладів і тим самим вилучити з кривої розподілу початкову ділянку припрацювання.

На цьому ж принципі ґрунтуються так звані вибракування і прискорені випробування, принципи проведення яких буде розглянуто в подальших розділах.

3.3 Механізми відмов

В практиці надійності використовуються два традиційних шляхи, в напрямку яких зосереджуються зусилля виробників і споживачів виробів електронної техніки. Один з них спрямований на вимірювання фактичної надійності виробів, необхідної для розрахунку надійнісних характеристик апаратури. Другий шлях пов'язаний з вдосконаленням виробів з метою підвищення їх надійності. Цьому шляху надається перевага, тому що знання причин надійності чи ненадійності, своєчасна розробка і прийняття необхідних заходів із збільшення надійності значно важливіші, ніж знання дійсного рівня його надійнісних характеристик. Ці обставини сприяли розвитку таких напрямків, як фізична надійність, фізика механізмів відмов, які спрямовані на вивчення механізмів відмов, на розробку методів внесення корекції в приладах і методів контролю дієвості внесених змін і вдосконалень.

Вивчення фізичних процесів механізмів відмов переслідує дві основні мети. Перша з них – за допомогою аналізу виробів, що відмовили, визначити причини відмов і вдосконалити на цій основі технологію виготовлення. Друга мета – через розкриття і пізнання явищ, які призводять до відмов, вдосконалення існуючих і створення нових моделей надійності приладів, які використовуються для контролю надійності нових і для прогнозування надійності приладів, які серійно випускаються.

Важливо підкреслити різницю між видами і механізмами відмов. Вид відмови – це очевидна подія, через яку проявляється несправна робота

приладу. В ряді випадків вид відмови без дослідження внутрішньої структури приладу неможливо встановити. В цьому випадку ми маємо справу з так званою функціональною відмовою. Механізм відмови – це фізико-хімічний процес, що веде до відмови. З точки зору надійності недостатньо знати чи встановити, з яким видом відмов ми маємо справу. Значно важливіше з'ясувати причини, які призвели до відмови. Це основна мета аналізу відмов.

В напівпровідникових приладах та інтегральних мікросхемах з ідеальною структурою фізико-хімічні процеси при нормальних умовах експлуатації повинні протікати з дуже малими швидкостями внаслідок того, що активні області знаходяться в нейтральному середовищі, ізолюваному герметичним корпусом від зовнішніх агресивних дій, а режими роботи далекі від критичних.

Розглянуті вище обставини були обґрунтуванням високої довговічності напівпровідникових приладів. Проте, наявність дефектів і недосконалостей значно прискорюють фізико-хімічні процеси при дії електромагнітних полів та механічних навантажень.

Розглянемо деякі механізми відмов, характерні для найбільш поширених напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем.

3.4. Механізми відмов активних елементів

Основними активними елементами є діоди, біполярні та польові транзистори з р-п-переходом та ізолюваним затвором. Відмови діодів і транзисторів в основному зумовлені процесами всередині та на поверхні пасивуючого або підзатворного (в МДН-транзисторах) окислу, відмовами металізації та контактів, забрудненнями, підвищеними струмами витікання р-п-переходів.

В малопотужних логічних схемах, де розігрівання кристала незначне, підвищення температури корпусу мікросхеми від 293 до 398 К призводить до збільшення інтенсивності відмов транзисторів в 18 разів, а при $T = 473$ К в 50 разів.

Основними видами відмов активних елементів ІМС є обриви металізації і виводів, короткі замикання р-п-переходів і вихід за встановлені норми електричних параметрів.

До поступових відмов відносяться перевищення допустимих зворотних струмів і пробивних напруг діодів, коефіцієнтів підсилення за струмом, пробивних напруг уніполярних транзисторів, порогових напруг, струмів витоку, крутизни МДН-транзисторів. Причиною таких відмов найчастіше є вплив іонізованих домішок всередині і на поверхні пасивуючого окислу та вологи в корпусі. При наявності в кристалі кремнію підвищеного вмісту іонів швидкодіфундуючих домішок Al, Cs, Fe ці відмови викликаються також дифузією домішок в об'єм активних

елементів. Поступові відмови проявляються в результаті зміни внутрішніх властивостей матеріалів (старіння).

Основними причинами повних відмов діодів і біполярних транзисторів є пробої р-п-переходів і проплавлення металізації через дифузійні шари кремнію при високих рівнях потужності, що розсіюється, електродифузія атомів кремнію в алюмінії при високих густинах струмів (порядку 10 мА/м), міграція алюмінію по поверхні кремнію між алюмінієвими контактними площинами при наявності різниці потенціалів підвищених температурах ($T > 423$ К).

В ІМС мають перевагу раптові відмови, зумовлені якістю виготовлення. При будь-якому рівні технологічного процесу збільшення кількості операцій призводить до зростання числа дефектів. Характерні відмови напівпровідникових приладів та ІМС можна розділити на такі види: обриви і короткі замикання металізації і виводів; короткі замикання р-п-переходів; вихід електричних параметрів за межі встановлених допусків. Короткі замикання переходів в діодах і біполярних транзисторах виникають в результаті:

- проплавлення металізації через дифузійні шари в кремнії при високих рівнях потужностей, які розсіюються;

- електродифузії кремнію в алюмінії при високих густинах струмів ($j \approx 10$ А/м) з одночасним проникненням алюмінію в дифузійні шари;

- міграції алюмінію по поверхні кремнію між алюмінієвими контактними площинами при наявності різниці потенціалів і підвищених температурах ($T \geq 423$ К).

Пробої р-п-переходів в основному зумовлені перевантаженнями за струмом і напругою. При пробоях виділяється велика кількість енергії, що призводить до перегрівання кристала аж до розплавлення металізації і проникнення металу через дифузійні шари в емітер і базу. В результаті має місце коротке замикання р-п-переходів емітер-база і база-колектор. Асиметричні вольт-амперні характеристики р-п-переходів вироджуються при цьому в прямі лінії з нахилом, рівним малому опору між замкнутими електродами.

Для ІМС з МДН-транзисторами найбільш характерні такі відмови: коротке замикання виток-затвор внаслідок пробоею діелектрика, розриви металізації на контактних площинах стоку в результаті механічних деформацій, корозії та пробоею в кремнії між дифузійними областями витоку і стоку.

Поширені відмови ІМС, викликані явищами на поверхні кристалу, – це накопичення в приповерхневій області напівпровідникової структури зарядів, які викликають значні зміни в стані електронно-діркових переходів, що зумовлюють появу приповерхневих каналів з інверсною провідністю.

Технологічний окисний шар забезпечує захист р-п-переходу від дії навколишнього середовища, тобто є пасивуючим і стабілізуючим покриттям.

Практика показує, що причини, які викликають поступові відмови, виявляються при високотемпературних випробуваннях при електричному навантаженні протягом 500 – 1000 год. Тому електротермотренування, яке використовується сьогодні, є універсальним засобом для відбракування потенційно ненадійних виробів з дефектами, що ведуть до раптових або поступових відмов.

3.5 Механізми відмов металізації

Внутрішні міжелементні з'єднання активних структур напівпровідникових приладів та інтегральних схем виконують шляхом нанесення алюмінієвої плівки, товщиною біля 1 мкм, на поверхню кристалу. В контактних вікнах вона взаємодіє з монокристалічним кремнієм р- або n-типу з різним ступенем легування, а на всій іншій поверхні вона контактує з двоокисом кремнію як в площині поверхні схеми, так і на сходинках окислу. Неминуча деформація металевої плівки на нерівностях поверхні схеми і в місцях приварювання дрітчастих контактів. В процесі експлуатації напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем металева розводка в не меншій мірі, ніж активні елементи, зазнає струмових та теплових навантажень. Все це створює сприятливі умови для протікання різних процесів деградації металевої розводки, які призводять до зміни її початкових властивостей і в ряді випадків до раптових відмов.

Основні види відмов металізації такі: обриви металізації внаслідок електроміграції металу і вигорання місць підвищеної густини струму, створених в місцях витончення металевої плівки при проходженні через сходинки окислу та при зміні конфігурації струмоведучих доріжок; обриви та короткі замикання, викликані електролітичною та хімічною корозіями алюмінію при неякісному захисному покритті і забрудненні поверхні кристалу, короткі замикання металізації через отвори в окислі або в результаті створення “місточків” між струмоведучими доріжками в процесі електролітичної корозії.

Причиною обривів металізації та виводів є перегорання, зумовлене пропусканням занадто великих струмів, викликаних короткими замиканнями в схемі. Дріт з алюмінію або золота діаметром $(2,5 \div 3) \cdot 10^{-5}$ м розплавляється при густині струму, більшій 10^8 А/м². При таких густинах струмів має місце перенесення матеріалу провідника з району негативного контакту до позитивного. Внаслідок цього створюються пустоти, які призводять до обриву металізації, а біля позитивного кінця – кристали, вуса і горбики. В біполярних транзисторах, які працюють в активному режимі, обрив, зумовлений електродифузією, має місце біля колекторної

контактної доріжки, тому що з неї витікає потік електронів. При густинах струмів 10^{11} А/м² електродифузія іонів алюмінію прискорюється і відриє металевих доріжок від контактних площинок ІМС проходить за короткий час (декілька мілісекунд). Густина струму 10^{11} А/м² може виникати в момент пробою р-п-переходу.

Явище електропереносу речовини в тонких металевих плівках має місце при проходженні як постійного, так і змінного струмів. Прискоренню електродифузії сприяють дефекти металевої плівки у вигляді подряпин, сторонніх включень, звужень металевих доріжок, нерівномірності по товщині плівки. Всі ці фактори створюють градієнт густини струму і температури, внаслідок чого і прискорюється електродифузія, кінцевим результатом якої є відмова приладу через розрив металізації.

Середній наробіток до відмови через обрив металізації, викликаної електродифузією, визначають з виразу

$$\bar{t} = kj^{-n} \exp(E_a/kT),$$

де k – стала, яка залежить від матеріалу плівки, її структури та геометрії;
 j – густина струму, А·см²;

n – показник степені: рівний 1, коли відмова переважно визначається структурою плівки; у випадку, коли виникнення відмови переважно проходить за рахунок градієнта температури $n = 3$;

E_a – енергія активізації процесу електродифузії, рівна $0,5 \div 0,7$ еВ.

При підвищених щільностях струму віддається перевага верхньому значенню енергії активізації.

Причиною відриву металевої розводки від контактних площадок активних елементів ІМС в пластмасовому корпусі є також електрохімічна корозія. Виникненню електрохімічної корозії сприяє проникнення вологи в герметизований корпус, адсорбція її на поверхні металізації через пори та тріщини в захисному покритті, а також наявність іонних забруднень на поверхні кристалу. При досягненні відносної вологості всередині корпусу близько 60% створюються сприятливі умови для адсорбування на поверхні кристала достатньої кількості вологи, яка забезпечує високу електропровідність.

Поширеними механізмами відмов ІМС, пов'язаними з електрохімічною корозією, є волокнистість або дендритні нарощення металу, які визначаються електроміграцією матеріалу провідника. Нарощення матеріалу призводить до короткого замикання між сусідніми металевими смужками. Міграційні відкладення проходять за наявності води, різниці потенціалів між сусідніми провідниками та активації катодного електрода. Іони металу переносяться по плівці, яка створюється на поверхні ізолятора через наявність забруднень. В цьому процесі активну роль відіграють іони галогеноїдів.

Швидкість корозії суттєво залежить від напруги, яка подається на схему. Різниця потенціалів 5 В і більше достатня для того, щоб виникла інтенсивна корозія. Швидкість корозії залежить також від віддалі між електродами, температури навколишнього середовища та концентрації іонів домішок на поверхні кристала. Аналіз відмов, що виникають внаслідок корозії, показує, що остання виникає і розвивається в першу чергу на межі зерен зі створенням суцільних мікротріщин, які призводять до розриву металізації. Використання фосфорсилікатного скла з підвищеною місткістю фосфору значно збільшує корозію, тому що надмірний фосфор, взаємодіючи з водою, створює фосфорну кислоту, яка підсилює корозію металізації. Зменшення вагової частини фосфору в фосфорсилікатному склі, яка контактує з алюмінієвою металізацією, до 5%, збільшує середній наробіток до відмови через корозію більше, ніж на 3 порядки.

Крім електродифузії та електрохімічної корозії в ІМС діє механізм деградації металевих плівок, пов'язаних з окисленням алюмінію, що веде до збільшення омичного опору струмоведучих доріжок. Механізм відмов в цьому випадку полягає у взаємодії кисню з поверхнею зерен в об'ємі матеріалу. Внаслідок зростання окисної плівки на поверхні провідних доріжок і створення окисних міжзернових прошарків зменшується об'єм і ефективний поперечний переріз провідника і, як наслідок, збільшується питомий опір матеріалу. Це приводить до локальних перегрівів, підсилення електродифузії і зростання ймовірності відмов за рахунок обриву металізації.

Крім того, локальний перегрів сприяє збільшенню зерен полікристалічної структури за рахунок з'єднання сусідніх і розростання їх до поперечного розміру доріжок. В таких умовах проходить розрив або відшарування металізації через значні розтягувальні зусилля, що виникають в місцях росту зерен. Дія цього механізму може бути значно послаблена за рахунок зниження густини струму, який тече по струмоведучих доріжках, а також доданням в металізацію спеціальних домішок, наприклад ітрію, до 1%, який підвищує температуру рекристалізації.

Поширеним видом відмов ІМС є короткі замикання металевої розводки на їх поверхні через отвори в окисній плівці. Причиною таких відмов є дефекти окислу (проколи, подряпини, тріщини), які знижують його діелектричну стійкість і виявляються тільки в процесі експлуатації.

На надійність ІМС впливає якість обробки поверхні структури, старанне промивання пластин. Неповне зняття продуктів травлення з поверхні кристала може призвести до розриву металізації при попаданні вологи всередину корпусу готової мікросхеми.

Неохайність при розрізанні і ломці пластин на кристали може сприяти виникненню коротких замикань золотих провідників на вихідний кремній по краю кристала.

При роботі ІМС в її колах можуть протікати імпульсні струми. Виникнення короточасних імпульсних струмів в ІМС може призвести до розриву провідників, тобто до відмов.

Імпульси струму тривалістю більше 10^{-4} с сприяють плавленню металізації на коротких ділянках з'єднань. Довжина імпульсу, при якій має місце плавлення, пропорційна віддалі між зонами та коефіцієнту теплопровідності

$$t \cong L^2/K^2,$$

а розрахункове значення максимального струму:

$$I = \left[\frac{c\rho_v \cdot T_m}{\rho_c \cdot t'} \right]^2,$$

де L – відстань між зонами контакту та плавлення;

K – коефіцієнт теплопровідності;

c – питома теплоємність металу;

ρ_v – питома густина металу;

ρ_c – питомий опір;

t' – оцінювальна довжина імпульсів;

T_m – температура плавлення металу.

В плівках алюмінію на окисних пластинах кремнію при кімнатній температурі мають місце напруги розтягування порядку $(1 \div 2) \cdot 10^8$ Н/м², тому що температурні коефіцієнти лінійного розширення (ТКЛР) алюмінію та кремнію відрізняються майже на порядок ($3 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹). Тому при термоциклованні при температурі від 213 до 378 К виликають розриви металізації на кристалах.

Насамкінець сформулюємо деякі рекомендації, спрямовані на зниження відмов внаслідок електродифузії в металізації та електролітичної корозії.

Насамперед необхідні заходи із зниження густини струму, який протікає по металевих доріжках. Це може бути досягнуто за рахунок вибору режиму і збільшення площі поперечного перерізу провідника, що краще робити за рахунок збільшення ширини доріжок. Хороший ефект дають захисні покриття на провідних доріжках у вигляді різноманітного скла. Перешкоджуючи утворенню горбиків і вусів, діелектричні покриття сприяють зниженню ймовірності відмов за рахунок електродифузії. Значна увага повинна бути звернута на якість самої металізації. Слід надавати перевагу великозернистим плівкам з орієнтацією зерен, яка сприяє зниженню ефекту електроміграції.

Ідеальним вирішенням проблеми усунення електроміграції було б створення металокристалічних або аморфних провідникових плівок.

Можливість створення металізації з аморфною структурою більш реальна. Наприклад, сплави нікелю з ніобієм, молібденом, вольфрамом при відповідних умовах дають аморфні структури. Основною перешкодою у використанні цих сплавів як вихідних матеріалів для металізації є відносно високий питомий опір плівок. Проте, дуже низькі коефіцієнти дифузії домішок в таких сплавах вже зараз роблять перспективним їх використання як бар'єрного шару, який перешкоджає проникненню кремнію в міжелементні з'єднання при багатошаровій металізації.

З метою попередження відмов внаслідок електролітичної корозії необхідно встановити порогову концентрацію води в середовищі, що оточує мікросхему. При малій напрузі (менше $0,2 \div 0,4$ В) між провідниками і при дуже тонкій плівці води на поверхні кварцу іони не переносяться. Зі зростанням вологи вище деякого порогу починається процес відкладання металу, який призводить до відмов. Зниження відмов, зумовлених короткими замиканнями, досягається не тільки за рахунок зниження вологості всередині корпусу і забруднень поверхні електродів та підкладки, але й за рахунок використання хімічних добавок, які знижують швидкість протікання реакції в електроліті і обробки поверхні пристроїв силіконовими з'єднаннями, що роблять її гідрофобною.

3.6 Механізми відмов контактів

Неякісні з'єднання є одним з основних джерел відмов ІМС та напівпровідникових приладів і складають більше 50% всіх відмов. Обриви виводів найбільш часто виникають з двох причин:

1) внаслідок зсувальних зусиль в місцях контактів, що виникають при коливаннях температури через різницю температурного коефіцієнта лінійного розширення виводів і захисного покриття безкорпусних ІМС з епоксидного компаунда, смоли та емалі;

2) внаслідок режиму м'якого виводу біля контакту в процесі термокомпресії, що веде до звуження поперечного розрізу провідника, перегріву і розплаву його при великих струмах.

Приєднання внутрішніх виводів з золотого дроту до контактних площинок на кристалі, звичайно алюмінієвих, виконується термокомпресійним або ультразвуковим зварюванням при температурі підкладки приблизно 300°C . В процесі термокомпресії проходить взаємна дифузія зварюваних металів, в результаті чого і створюється міцне з'єднання в місці контакту. Проте, одночасно з дифузією в місці контакту алюміній і золото вступають в хімічну реакцію зі створенням інтерметалічних сполучень або інтерметалідів. Залежно від температури, тиску, концентрації золота та алюмінію в місці їх контакту можуть створюватись такі сполучення, як AuAl_2 , AuAl , Au_2Al , Au_4Al , Au_5Al , які суттєво відрізняються за питомим опором, коефіцієнтом термічного розширення та твердості. При температурах більше 300°C утворюється

надзвичайно пористе сполучення, яке називають пурпурною чумою. Цей різновид інтерметаліду найбільш небезпечний при формуванні термокомпресійного з'єднання. На рис. 3.2 показана структура контакту золотого дроту з алюмінієвою контактною площиною. З рисунка видно, що весь контактний об'єм складається з різноманітних модифікацій інтерметалідів, які поширюються на всю глибину алюмінієвої плівки. По периметру контакту через різницю коефіцієнтів термічного розширення інтерметалідних фаз створюються мікротріщини.

Процес зниження міцності металевого контакту за рахунок створення інтерметалідних сполучень посилюється ефектом Киркондалла, суть якого полягає в тому, що при контакті різних металів в місці контакту проходить взаємна дифузія металів між вузлами або вакансіями. При цьому в результаті різниці коефіцієнтів дифузії в металі з більшим коефіцієнтом дифузії створюються пустоти. У випадку контакту золото-алюміній золото має більший коефіцієнт дифузії в алюміній і тому зі сторони золота створюються пустоти.

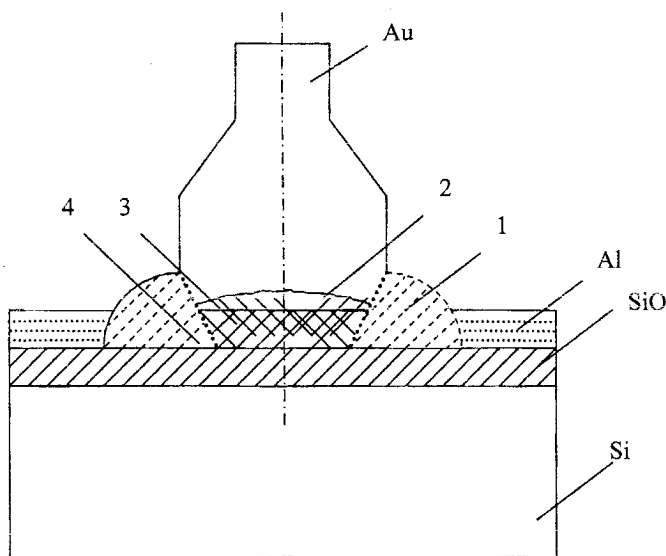


Рисунок 3.2 – Структура термокомпресійного контакту Al-Au: 1 – Au_2Al , 2 – Au_4Al , 3 – Au_5Al , 4 – мікротріщини

Таким чином, процеси створення інтерметалідів, пустот та тріщин по периметру контакту знижують його міцність, підвищують контактний опір, що в кінцевому рахунку призводить до поступових або раптових відмов контакту, тобто його обриву.

Крім того, створення інтерметалідного сполучення і зміна його складу в процесі експлуатації призводить до виникнення значних механічних напруг на поверхні розподілу золото-алюміній внаслідок зміни об'єму та незбігу кристалічних ґраток різних інтерметалідних сполучень. Механічні напруги по периферії термокомпресійного контакту золота з алюмінієм, а також різниця ТКЛР окремих сполучень підсилює напруги, що може призвести до відриву золотого провідника від алюмінієвої контактної площадки.

3.7 Механізми відмов в результаті дії механічних навантажень

Пошкодження конструктивних елементів ВЕТ може мати місце при механічних діях, при навантаженнях, які викликають напруги, що перевищують механічну міцність матеріалу. Такі пошкодження можуть виникати при дії вібрації та удару, особливо в умовах резонансу. Проте пошкодження можуть виникти при циклічних навантаженнях, коли напруги в елементах не перевищують технічної міцності матеріалів конструкцій. Наприклад, поломка зовнішніх виводів корпусу приладу при багаторазових згинаннях відбувається в результаті накопичування пошкоджень, тому що при одноразовому згинанні границя технічної міцності матеріалу не перевищується.

Згідно з останніми підходами, руйнування матеріалу розглядається як поступовий термоактиваційний процес, що виникає в матеріалі з моменту прикладання до нього навантаження, меншого ніж критичне, і який розвивається в ньому з часом і з накопиченням дефектів аж до руйнування. Час t_3 , необхідний для розвитку процесу руйнування від моменту навантаження до настання розриву, називають часовою міцністю або довговічністю матеріалу. Численні експериментальні дослідження для багатьох твердих тіл підтвердили таку математичну залежність середнього часу до руйнування t_3 від прикладеної напруги σ і температури T .

$$t_3(\sigma, T) = \tau_0 e^{\frac{U_0 - \gamma T}{kT}}, \quad (3.1)$$

де τ_0 , U_0 , γ – постійні величини, залежні від природи і структури матеріалу, фізична суть яких стане ясною з подальших викладок;
 k – стала Больцмана.

Логарифмуючи (3.1), отримаємо

$$\ln t_3 = \ln \tau_0 + \frac{U_0 - \gamma T}{kT}.$$

На рис. 3.3 показана залежність $\ln(t_3)$ від σ . З рисунка видно, що і залежність в вибраних координатах виражається прямими лініями, які сходяться в одній точці при значеннях $\tau_0 = (10 \div 12) \cdot 10^{-13}$ с. Для цієї точки справедливе рівняння $\gamma \sigma = U_0$. З підвищенням температури довговічність матеріалу зменшується і тим сильніше, чим вища температура.

Експерименти показали, що розглянута залежність справедлива практично для всіх матеріалів. При цьому встановлено, що для металів U_0 за порядком величини добре збігається з енергією сублимації, а для полімерів – з енергією термічної деструкції. Стала τ_0 близька за величиною до періоду теплових коливань атомів в твердих тілах.

Слід нагадати, що сублимація речовини являє собою перехід з твердого стану безпосередньо в газовий стан і для нього необхідно витратити деяку енергію, тому що для створення газу, який являє собою віддалені одна від одної частинки, необхідно перебороти дію сил притягання, що зв'язують молекули в одному тілі.

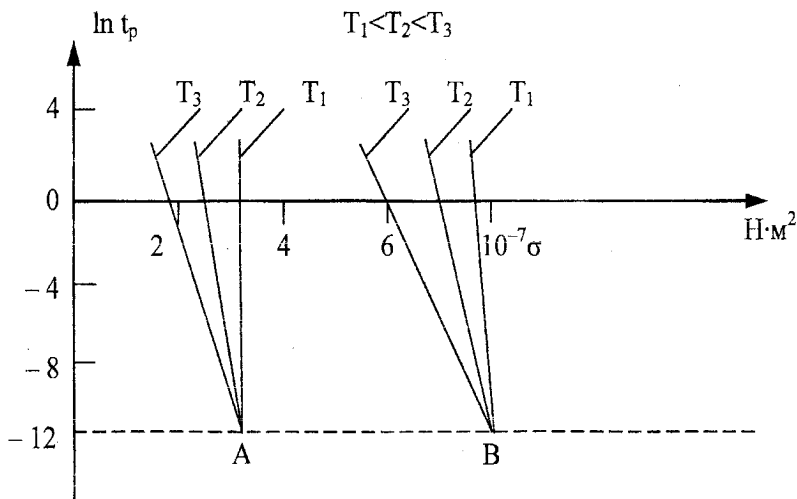


Рисунок 3.3 – Залежність часої міцності матеріалів А і В від напруги розтягування

Напруга σ , створена в твердому тілі, зменшує висоту потенційного бар'єру на величину $\gamma \cdot \sigma$ і, тим самим, збільшує ймовірність розриву зв'язків та їх кількість в об'ємі. Створення субмікроскопічних областей з розірваними зв'язками та їх злиття призводить до зародження і розвитку тріщини.

Аналіз механізму розвитку мікротріщин показує, що при розтягуванні внутрішня енергія тіла збільшується до досягнення критичної довжини мікротріщини. Після цього ріст мікротріщин проходить самовільно і це призводить до руйнування зразка. Чим більша напруга розтягу σ , тим швидше мікротріщина досягає критичної довжини.

3.8 Механізми відмов при дії радіації

Радіаційну стійкість приладів прийнято оцінювати за величиною зміни основних електричних параметрів при відповідному інтегральному потоці опромінення з встановленням меж, в яких прилад вважається придатним для подальшої експлуатації після радіаційної дії. При високих інтенсивностях опромінення допустима доза опромінення може бути досягнута за досить короткий час. При подальшій експлуатації приладу в звичайних умовах допускається, що він повністю зберігає роботоздатність. Проте, при дії радіації до дефектів і недосконалостей, внесених при їх виготовленні, додаються радіаційні дефекти. Ці дефекти, взаємодіючи між собою, сприяють виникненню неблагоприємних ситуацій, які призводять до відмов. Можливість перебудови дефектів підтверджується експериментально при їх випалюванні. В процесі випалювання дефекти перебудовуються, можливо об'єднуються, внаслідок чого спад напруги не зменшується, а, навпаки, збільшується. Подібна ситуація можлива при експлуатації приладів після опромінення, коли прилад вважається придатним для роботи. Флуктуації в режимах використання можуть викликати перебудову дефектів і настання відмов значно швидше, ніж це могло б мати місце в приладах, які не піддавались опроміненню.

В пристроях пам'яті відносно великої ємності може мати місце збій типу "м'яка помилка", який полягає в зміні стану елементів пам'яті без створення стійких дефектів в структурі приладу. При цьому стан елемента пам'яті (0 або 1) відновлюється в динамічному запам'ятовувальному пристрої (ЗП) при черговому циклі регенерації, а в статичному ЗП при пересуванні інформації. Встановлено, що більше 90% збоїв типу "м'яка помилка" в пристроях пам'яті викликаються дією α -частинок (ядер гелію). Виявилось також, що в керамічних деталях корпусів, пластмасі, склі, золоті міститься деяка кількість радіоактивних елементів, таких як U_{238} , U_{235} , Th_{232} , Zr_{91} , які можуть внаслідок α -розпаду випромінювати α -частинки з інтенсивністю від 0,004 до 45 $см^{-2}$ з енергіями близько $8 \div 9$ MeV.

При такій енергії α -частинки, взаємодіючи з кремнієм, входять в матеріал зі швидкостями 0,05с (с – швидкість світла) і проникають на всю глибину активних областей напівпровідникової структури. Взаємодіючи атомами кристалічної ґратки кремнію, α -частинки витрачають енергію на одиниці довжини пробігу приблизно зі швидкістю $dE/dx = 150$ кеВ/мкм і утворюють одну пару електрон-дірка на кожні 3,6 еВ витраченої енергії.

Електронно-діркові пари генеруються вздовж трека α -частинки на відстані 2 – 3 мкм. Протягом декількох пікосекунд генерується приблизно $2,5 \cdot 10^6$ електронно-діркових пар.

В біполярних транзисторах на інтегральних мікросхемах дія α -частинок призводить до виникнення в р-п-переходах високих рівнів

іонізаційних струмів, пов'язаних з тим, що концентрація нерівноважних електронно-діркових пар, створених уздовж треку α -частинок, лежить в межах $10^{18} - 10^{19} \text{ см}^{-3}$, що значно перевищує типові значення концентрації основних носіїв в епітаксіальних шарах і підкладці. Нерівноважний розподіл зарядів при іонізації сприяє створенню нестационарних електричних полів, що впливають на процес збору нерівноважних носіїв р-п-переходу. Цей механізм отримав назву ефекту створення ямок заряду. Суть цього механізму полягає в тому, що при пересіканні треком α -частинки р-п-переходу заряд, який генерується в області треку, компенсує просторовий заряд р-п-переходу на ділянці, яка пересікається треком. Прикладена до р-п-переходу напруга U_0 спадає на ефективній довжині треку L_a з відносним викривленням еквіпотенціальних ліній у вигляді ямки. Під дією електричного поля в ямці починають протікати процеси просторового розділення електронів та дірок. За рахунок виштовхувального електричного поля основні носії заряду викидаються в підкладку в радіальному напрямку. Неосновні носії під дією поздовжньої складової електричного поля спрямовуються до поверхні р-п-переходу. Особливістю біполярних ІМС є наявність в них паразитних п-р-п-р (тиристорних) структур. Іонізаційні струми, які виникають в р-п-переходах, під дією високоенергетичних частинок у відповідних умовах призводять до ефекту замикання, при якому шкідливий тиристор, який є в схемі, перемикається в провідний стан. Внаслідок дії ефекту замикання схема припиняє функціонування за прямим призначенням. Для відновлення робоздатності схеми необхідно відключити живлення, щоб перевести шкідливу тиристорну структуру в початковий стан. В гіршому випадку тиристорна структура шунтує джерело живлення, внаслідок чого виникає перевантаження за струмом, що може призвести до теплових пробоїв та відмов схеми.

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику основним видам відмов – повній, раптовій, поступовій, перемикальній.
2. Які методи використовуються при аналізі відмов ?
3. В якій послідовності виконується аналіз відмов ?
4. Перерахуйте основні причини відмов.
5. Наведіть характеристику залежності інтенсивності відмов від часу експлуатації і дайте короткі пояснення.
6. Чим відрізняються механізми відмов від видів?
7. Дайте характеристику механізмам відмов активних елементів.
8. З якою метою використовується термоелектротренування?
9. Перерахуйте основні види відмов металізації.
10. Поясніть, як впливає електродифузія на появу відмов.
11. За рахунок яких заходів можна зменшити кількість відмов, зумовлених електродифузією?
12. Які причини можуть призвести до обриву виводів ВЕТ?
13. За рахунок яких процесів зменшується міцність металевого контакту?
14. Як залежить часова міцність матеріалу від прикладеної напруги і температури?
15. Як впливає дія α -частинок на р-п-переходи транзисторів?
16. Що необхідно використовувати для зменшення впливу опромінення α -частинками?

4.1 Основні поняття

Промислове виробництво неможливе без контролю якості продукції, що виробляється і споживається. Контролю піддають матеріали, напівфабрикати, заготовки та комплектуючі вироби, що надходять у виробництво, а також вироби окремих технологічних операцій та готові вироби. Суцільний (100%) контроль часто суттєво підвищує собівартість продукції, особливо при масовому її виробництві. Це спонукає до застосування вибіркового контролю. А при руйнівному контролі вибіркові методи єдино можливі.

Вибірковий контроль полягає в тому, що з партії продукції контролюється якась частина, а за результатами контролю робиться висновок про якість усієї партії. З одного боку, це приводить до зниження витрат на контроль, а тому і до зниження собівартості продукції, з іншого боку, призводить і до похибок контролю. Навіть інтуїтивно ми розуміємо, що застосування вибіркового контролю може призвести до прийняття продукції з великою часткою дефектних виробів, або навпаки – до бракування партії продукції задовільної якості. Через це застосовувати вибіркові методи варто лише у випадку, коли відома похибка рішення про прийняття чи бракування партії продукції. Аналізом похибок вибіркового контролю займається наука – математична статистика, через це вибірковий контроль ще називають статистичним контролем.

Аналіз похибок вибіркового контролю повинен починатись з формування вимог до якості продукції. Під якістю продукції розуміють сукупність властивостей, що обумовлюють придатність продукції задовольняти певні потреби згідно з її призначенням. При контролі якості продукції слід розрізнити поняття якості виробу і якості продукції. Якість виробу характеризується сукупністю його параметрів, а якість продукції вимірюється часткою дефектних виробів в продукції.

Промислова продукція поділяється на два класи: неперервна продукція, або матеріал, та штучна продукція, або вироби. Перша вимірюється неперервними одиницями (кілограми, метри, літри і т.п.) і може дозуватись безперервно. Штучна продукція вимірюється в штуках (ціле число виробів). В зв'язку з тим, що вироби електронної техніки – це штучні вироби, ми будемо розглядати методи статистичного контролю штучної продукції.

Найчастіше продукція потрапляє на контроль у вигляді партії продукції із об'єму N штук виробів, з якої для здійснення статистичного контролю відбирається вибірка n штук виробів. Застосовується також неперервний вибірковий контроль продукції з потоку продукції відбирається кожен n -й виріб для контролю. В цьому випадку партії формуються вже після контролю.

Вироби вибірки перевіряються на відповідність встановленим вимогам. Дані перевірки обробляються і цей результат порівнюється з встановленими нормативами та приймається рішення про прийом чи бракування партії продукції. В випадку неперервного контролю приймається одне з двох рішень: продовжувати вибіркового контролю чи перейти до суцільної перебраковки.

4.2 Особливості формування партії продукції та взяття вибірки

Контрольована партія продукції являє собою сукупність одиниць продукції однієї назви, типоміналу чи типорозміру і виконання, виготовлених за відповідний інтервал часу в одних і тих самих умовах і одночасно пред'явлених на контроль. Ці вимоги пов'язані з забезпеченням статистичної однорідності продукції в партіях. Неоднорідність може призвести до додаткових похибок вибіркового контролю. Для забезпечення однорідності користуються такими правилами при формуванні партії:

– в партію продукції включаються вироби, виготовлені на одному і тому ж обладнанні, яке обслуговується однією бригадою чи робітником;

– при необхідності налагодження, ремонту обладнання або заміни інструменту, розчину тощо формування партії припиняють, а після перерахованих дій починають формувати нову партію;

– в партію включають вироби, виготовлені в одну зміну, інколи просте вимикання обладнання, в тому числі і на перерву, може призвести до порушення його роботи, тому в таких випадках слід також почати формувати нову партію;

– в більшості випадків заміна партії використаних матеріалів, напівфабрикатів або заготовок може суттєво вплинути на якість продукції, тому і в цьому випадку потрібно також почати формування нової партії продукції.

Для усунення додаткової похибки вибіркового контролю застосовують методи забезпечення представницької вибірки, тобто такої, яка в достатній мірі відбиває властивості даної сукупності. Вибірка буде представницькою, коли кожен виріб буде мати однакову ймовірність потрапити до вибірки. Найбільш об'єктивний прийом – це відбір з допомогою таблиці випадкових чисел. В багатьох довідниках з математичної статистики чи з методів статистичного контролю є таблиці випадкових рівномірно розподілених чисел для цієї мети. При відборі виробів у вибірку за цим методом вироби партії умовно нумерують, якщо вони не мали номерів, а в таблиці випадкових чисел довільно вибирають перше число і далі читають випадкові числа в будь-якому напрямку; номери виробів партії, що збігаються з прочитаними числами, будуть номерами виробів вибірки. Правда, цей метод досить трудомісткий і його застосовують лише у випадку незгоди між постачальником і споживачем.

Менш трудомістким слід вважати метод відбору “всліпу”, для чого інколи тим, хто відбирає, навіть зав’язують очі. У випадку великих обсягів партії застосовують метод пошарової вибірки, при складанні якої одиниці продукції відбирають випадковим чином у відповідній пропорції з різних частин партії. Цей метод дає добрі результати для партій, доступ до виробів яких утруднений. Так, якщо вироби партії знаходяться в тарі “насіпом”, то доцільно партію поділити на декілька підпартій, а вироби для вибірки брати з них рівномірно.

4.3 Методи статистичного контролю

За час використання статистичного приймального контролю якості продукції (СПКЯП) розроблені різні методи вибіркового контролю, які відрізняються методами виконання окремих етапів контролю. Впровадження нових методів, природно, спрямоване на підвищення ефективності СПКЯП. Однак слід мати на увазі, що підвищення ефективності з застосуванням різних методів, можливе лише при забезпеченні особливих для кожного методу умов, що потрібно враховувати при їх застосуванні.

З точки зору методів визначення відповідності виробів вибірки встановленим вимогам розрізняють контроль за якісною ознакою, в тому числі, за альтернативною ознакою, а також за кількісною ознакою. Контроль за якісною ознакою полягає у віднесенні кожного виробу вибірки до відповідної групи якості з фіксацією кількості виробів в кожній групі. Буває, що контроль за якісною ознакою єдино можливий. Так, при контролі зовнішнього вигляду, як правило, застосовується контроль за якісною ознакою. Контроль за альтернативною ознакою є різновидом контролю за якісною ознакою і полягає у віднесенні виробів вибірки до двох альтернативних груп – придатні і дефектні вироби. При контролі за кількісною ознакою у виробів вибірки вимірюють відповідний параметр з одержаннями числового значення його рівня. Як параметри можуть бути лінійні та кутові розміри виробів, їх електричні параметри тощо.

За кількістю взятих з партії вибірок розрізняють одноступінчастий, двоступінчастий та багатоступінчастий контроль, а також послідовний вибіркового контролю. Перший вид контролю полягає в прийнятті рішення відносно контрольованої партії за результатами контролю виробів однієї вибірки. При двоступінчастому контролі за першою вибіркою можуть бути прийняті не два, а три рішення: прийняти партію, забракувати партію чи взяти ще одну вибірку і в результаті прийняти остаточне рішення. Багатоступінчастий контроль відрізняється від двоступінчастого тим, що допускається приймати одне з трьох рішень не тільки за першою вибіркою, а за кількома наступними. Послідовний контроль відрізняється тим, що кількість взятих вибірок не обмежується.

Практично будь-які методи СПКЯП можна використати у варіанті адаптованого контролю. Адаптовані методи ґрунтуються на врахуванні

результатів попереднього контролю. Розглянемо принципи такого контролю на прикладі. Припустимо, що за згодою між постачальником і споживачем встановлено допустимий рівень дефектності продукції, що надходить до споживача, і встановлено такий СПКЯП, який гарантує цей рівень. Фактичний рівень дефектності продукції у споживача складається з низького рівня дефектності прийнятих партій продукції задовільної якості та підвищеного рівня дефектності, прийнятих в результаті похибки вибіркового контролю партій продукції незадовільної якості. З часом якість продукції може покращуватись і виникає можливість зменшити жорсткість контролю, зменшивши при цьому витрати на контроль та кількість неправильно вибрактованих партій зі збереженням рівня вихідної дефектності. При виникненні ситуації з підвищенням рівня дефектності контроль варто посилити. Контроль, організований таким чином, називають контролем з корекцією плану. Він має три ступені: нормальний, послаблений і підсилений.

Для зменшення трудомісткості контролю застосовується вкорочений контроль, який припиняється в той момент, коли одержана інформація про якість партії продукції буде достатньою для прийняття рішення. Нехай контроль ведеться за альтернативною ознакою, тоді контроль можна припинити, коли буде виявлено таку кількість дефектних виробів, що перевищує допустиму для партії задовільної якості.

4.4 План контролю. Оперативна характеристика

Для застосування СПКЯП необхідно задатись планом контролю, котрий являє собою сукупність вимог і правил прийняття рішення про прийомку партії продукції. План контролю складається, виходячи зі значення об'єму партії N , як у вигляді вимог до продукції, що надходить до контролю, так і у вигляді вихідного параметра для розрахунку складових плану контролю. В плані повинен бути також вказаний об'єм вибірки n , або правило його визначення. Іноді в плані контролю вказується порядок відбору виробів до вибірки, про що згадувалось вище. Далі в плані контролю викладається зміст і порядок визначення (виміру) параметрів виробів, а також метод і порядок обчислень результатів контролю. Слід зауважити, що СПКЯП в обов'язковому порядку повинен містити обчислення результатів контролю – це характерна риса СПКЯП. Останнім елементом плану контролю є вирішальне правило: прийняти партію чи забракувати.

Складання плану контролю називають плануванням СПКЯП. Вибір (розрахунок) плану контролю полягає в виборі методу СПКЯП, в виборі показника (критерію) ефективності (оптимальності) плану та у виборі (розрахунку) складових плану контролю. Якщо ми говоримо про вибір чи розрахунок плану контролю, то очевидно, що найбільш прийнятним буде саме розрахунок, тому що це виключає суб'єктивізм і його помилки. Роз-

рахунки можуть бути виконані заздалегідь, результати занесені до таблиць. Тоді вибір плану контролю за такими таблицями рівноцінний розрахункам. Але до цього часу вибір плану контролю часто здійснюється інтуїтивно, причини чого розглянемо дещо пізніше.

Важливим елементом при плануванні контролю СПКЯП є поняття оперативної характеристики. Оперативна характеристика плану вибіркового контролю виражається рівнянням, графіком чи таблицею залежності ймовірності прийомки партії продукції від величини, яка характеризує якість цієї партії для даного плану вибіркового контролю. Розглянемо це поняття на прикладі.

Нехай на контроль надходять партії продукції об'ємом по 10000 шт. кожна. Об'єм вибірки встановлено в розмірі 20 шт. виробів, контролюються всі параметри виробів відповідно до вимог ТУ з віднесенням виробів до придатних або дефектних. Обчислення результатів контролю полягає в підрахунку кількості дефектних виробів в вибірці. Вирішальне правило полягає в тому, що партія продукції приймається у випадку відсутності дефектних виробів у вибірці, і бракується, коли в вибірці виявлено хоча б один дефектний виріб. В зв'язку з великим об'ємом партії в порівнянні з об'ємом вибірки скористаємось біноміальним законом розподілу для визначення ймовірності прийомки партії.

В зв'язку з тим, що партія буде прийнята при відсутності дефектних виробів в вибірці, то ймовірність цього в нашому прикладі буде:

$$P(q) = C^d q^d (1 - q^{n-d}),$$

де d – кількість дефектних виробів у вибірці;

q – частка дефектних виробів в партії.

Оскільки $d = 0$, то

$$P(q) = (1 - q)^{20}.$$

Розрахуємо таблицю цієї залежності.

Таблиця 4.1

0	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,05
1	0,905	0,818	0,739	0,668	0,603	0,344	0,490	0,442	0,398	0,358

0,055	0,060	0,065	0,070	0,080	0,090	0,100	0,110	0,120	0,130	0,140
0,323	0,290	0,261	0,234	0,189	0,152	0,122	0,97	0,076	0,062	0,049

Цю залежність можна зобразити й графічно (рис. 4.1.)

Пізніше ми розглянемо оперативні характеристики інших (більш ефективних) планів контролю, а зараз проаналізуємо одержану залежність. Очевидно, що при відсутності дефектних виробів в партії ймовірність її прийомки буде дорівнювати 1, тобто достовірно буде прийнята. Якщо

партія буде складатись тільки з дефектних виробів ($q = 1$), то вона достовірно буде забракована. Крива залежності монотонно змінює значення від 1 до 0. Якщо в контрольованій партії знаходиться 0,5% дефектних виробів, що в багатьох випадках слід вважати за добру якість продукції, то ймовірність прийняття буде складати 0,905. Це досить погано: майже кожна 10-а така партія буде забракована. В той же час для партій продукції з 10% дефектних виробів, що досить багато, ймовірність бракування складає $1 - 0,122 = 0,878$, тобто майже 12 партій зі 100 будуть кваліфіковані як партії задовільної якості. Цей простий аналіз оперативної характеристики показує, що вибіркові методи можуть мати неприйнятно велику похибку, навіть якщо в вибірці не допускати дефектних виробів.

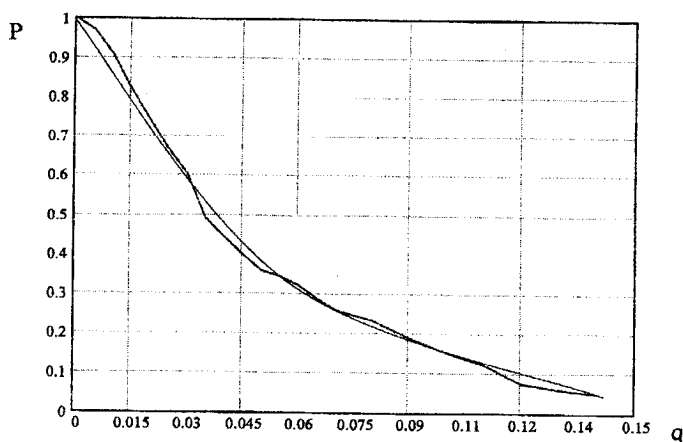


Рисунок 4.1 – Залежність ймовірності від частки дефектних виробів в партії

4.5 Показники ефективності СПКЯП

З попереднього пункту видно, що застосовувати вибірковий контроль можливо лише після оцінки і врахування ефективності контролю. Вичерпні дані про план контролю містить в собі оперативна характеристика, але для практичного застосування потрібно знайти якийсь числовий параметр цієї функції, який би характеризував ефективність контролю. Як виявилось, це завдання вирішувалось з великими труднощами.

При аналізі оперативних характеристик різних планів контролю легко переконатись, що через будь-які дві точки простору, де розташовують оперативні характеристики, можна провести практично одну якусь оперативну характеристику. Іншими словами, якщо задати координати двох точок кривої, то ніякій іншій вони належати не будуть. Виникла спокуса характеризувати план контролю практично двома числами. Цій ідеї сприяла ще одна обставина. Справа в тому, що в математичній статистиці великої досконалості досяг так званий метод перевірки гіпотез. В найпростішому

випадку розглядаються дві несумісні випадкові події, які складають повну групу. Завдання визначення ймовірності кожної події вирішувалось шляхом перевірки гіпотези про достовірність кожної події.

Таким чином пропонувалось встановити вимоги до партії задовільної якості (часто у вигляді частки дефектних виробів) і окремо до партії незадовільної якості, а при виконанні СПКЯП вирішувати задачу справедливості гіпотези про відповідність контрольованої партії вимогам до партії задовільної чи незадовільної якості. На цій основі побудовані практично всі методи СПКЯП. При цьому як показники ефективності контролю застосовувались значення ймовірності прийомки партій незадовільної якості та ймовірності бракування партії задовільної якості. Першу ймовірність називають ризиком споживача, а другу – ризиком постачальника. При цьому застосовують такі позначення: q_0 – частка дефектних виробів для партій задовільної якості; q_1 – частка дефектних виробів для партій незадовільної якості; α – ризик постачальника; β – ризик споживача.

Тоді q_0 та $(1 - \alpha)$ – це координата однієї точки оперативної характеристики, а q_1 і β – другої.

Розглянемо приклад.

Нехай встановлено, що партією задовільної якості слід вважати партію, в якій частка дефектних виробів складає $q_0 = 0,5\%$, а незадовільної якості – $q_1 = 12\%$. Постараємось відшукати такий план контролю (таку оперативну характеристику), який дає похибку в оцінці якості продукції 10% , тобто ризик першого і другого роду, як ще називають ризик постачальника і споживача, відповідно, будуть дорівнювати $0,1$. Якщо розглянути різні оперативні характеристики, то найближчою з них буде та, що одержана від плану $n = 20$, а допустима кількість дефектних виробів в вибірці $c = 0$ (тожний плану прикладу в попередньому пункті).

Такий підхід до визначення плану контролю з математичної точки зору не має недоліків, але встановлення значень q_0 та q_1 зустрічає непереборні труднощі. Звернемось до вище наведеного прикладу. Партії продукції з часткою дефектних виробів $0,5\%$, як ми домовились, будемо вважати партіями задовільної якості, і не виникають сумніви відносно партій з часткою дефектних виробів менших за $0,5\%$. Те саме можна сказати відносно партій з дефектними виробами в розмірі 12% і більше – це партії незадовільної якості. А як відноситись до партій з дефектними виробами в розмірі від $0,5$ до 12% ? Їх не можна вважати ні партіями задовільної, ні незадовільної якості. Але ж більшість партій, що надходять на контроль, якраз і будуть мати частку дефектних виробів в цьому інтервалі, бо якщо ми встановлюємо такі не дуже високі вимоги до якості продукції, то партії з дефектними виробами $0,5\%$ і менше будуть зустрічатись дуже рідко. Очевидно, що партії з дефектними виробами більше 12% теж зустрічатимуться не часто. Таким чином, на контроль будуть надходити партії продукції, в основному, з проміжним значенням

частки дефектних виробів, а ось контроль планується в розрахунку на рідкісні рівні якості продукції.

Останнім часом запропоновано інший підхід до планування СПКЯП. Він базується на встановленні одного нормативного значення – граничного значення частки дефектних виробів для партій продукції задовільної якості q_r . Тоді завданням СПКЯП буде приймання партій продукції задовільної якості та бракування партій незадовільної якості. Тобто партію потрібно забракувати при $q > q_r$ і прийняти при $q < q_r$. Такий підхід до планування контролю ясний і зрозумілий як споживачеві, так і постачальнику, а при вирішенні суперечностей щодо якості продукції її легко визначити шляхом суцільної перебраковки. Звичайно, ефективність контролю в цьому випадку теж буде визначатись оперативною характеристикою, але параметри її вже не зможуть характеризуватись величинами α і β .

4.6 Планування контролю за нормативом граничного значення частки дефектних виробів

Нехай між постачальником і споживачем узгоджено граничне значення частки дефектних виробів для партій продукції задовільної якості q_r . Встановлення плану контролю для забезпечення бракування партій незадовільної якості і прийомки задовільної означає, що потрібно підібрати відповідну оперативну характеристику. Для цього розглянемо властивості граничного значення частки дефектних виробів q_r . Якщо всі значення частки дефектних виробів відповідають двом областям – партіям задовільної та незадовільної якості, то q_r буде границею між цими двома областями. Виходячи з властивості будь-якої границі, партія продукції з $q = q_r$ не належить ні одній з областей і одночасно належить обом областям. Тому правильно вибраний план контролю повинен забезпечувати рівність ймовірності як бракування, так і прийомки такої партії. Але в зв'язку з тим, що в результаті контролю можливе прийняття одного з двох альтернативних рішень, то ця ймовірність повинна набувати 0,5. Це означає, що оперативна характеристика в точці $q = q_r$ повинна приймати значення 0,5. Але через цю точку проходить безліч оперативних характеристик.

Розглянемо ряд оперативних характеристик, що проходять через точку $(0,5; q_r)$ на рис. 4.2. Всі вони до того ж в точці $q = 0$ мають значення 1, а в точці $q = 1$ – нуль. Але яку з них вибрати? Адже всі вони задовольняють вище викладену вимогу. Звичайно, бажано вибрати таку, що найближча до ідеальної (жирна лінія на рис. 4.2). Але відповідний план контролю вимагає великих об'ємів вибірки (ідеальна оперативна характеристика відповідає суцільному контролю). Тому для вибору плану контролю необхідно встановити ще й параметр ефективності контролю, який при плануванні контролю застосовувався б як параметр оптимізації.

Для цієї мети запропоновано показник ймовірності прийняття правильних рішень P_n . Розглянемо властивості цього показника.

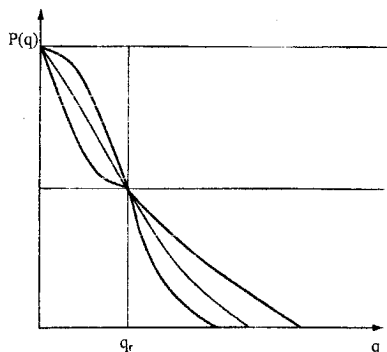


Рисунок 4.2 – Ряд оперативних характеристик за нормативом граничного значення частки дефектних виробів

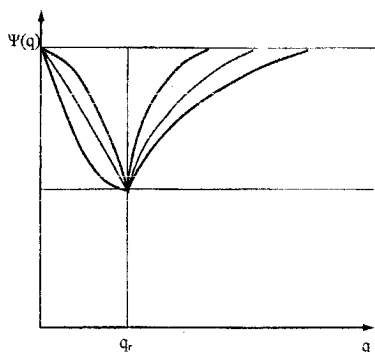


Рисунок 4.3 – Ряд функцій ймовірності прийняття правильних рішень за даними ряду наведених оперативних характеристик

Ефективність приймального контролю визначається ймовірністю прийняття партій продукції задовільної якості та ймовірністю бракування партій незадовільної якості. Перша ймовірність описується оперативною характеристикою, а друга – зворотною функцією. Тому можна записати вираз для функції прийняття правильних рішень:

$$\Psi(q) = \begin{cases} L(q), & \text{при } q \leq q_k \\ 1 - L(q), & \text{при } q \geq q_r \end{cases}, \quad (4.1)$$

де $L(q)$ – оперативна характеристика плану контролю.

Перша частина цієї функції являє собою залежність ймовірності прийняття партії продукції задовільної якості від величини частки дефектних виробів, тобто ймовірність прийняття правильного рішення. Друга частина – залежність ймовірності бракування партії незадовільної якості, тобто знову ж таки ймовірність прийняття правильного рішення. Тому (4.1) називається функцією ймовірності прийняття правильних рішень.

Але функцію (4.1), як і оперативну характеристику, неможливо безпосередньо використовувати при розрахунках. Однак функцію ймовірності прийняття правильних рішень можна проінтегрувати і отримати числовий параметр у вигляді ймовірності прийняття правильних рішень:

$$P_n = \int_0^1 \Psi(q) dq. \quad (4.2)$$

На рис. 4.3 зображено ряд функцій ймовірності прийняття правильних рішень. Ідеальна функція буде задаватись рівнянням $P_n = 1$ і зображається прямою лінією, паралельною горизонтальній осі. Тому ефективнішим планом контролю буде такий контроль, інтеграл функції ймовірності прийняття правильних рішень якого буде ближчим до 1, тобто до ідеального випадку. Таким чином, величина, обчислена за виразом (4.2), буде показником ефективності плану контролю.

Встановлення плану контролю з використанням виразу (4.2) супроводжується похибкою, пов'язаною з припущенням про рівномірний закон розподілу частки дефектних виробів в партіях продукції, що надходять на контроль. Тобто, з однаковою ймовірністю будуть надходити партії з часткою дефектних виробів від 0 до 1. На практиці таке не трапляється, бо технологічний процес налагоджений на випуск доброякісних виробів і підтримується в такому стані з деякою похибкою. Тому партії продукції з великою часткою дефектних виробів зустрічаються рідко і тим рідше, чим більша частка. Вичерпною характеристикою наявності дефектних виробів в партіях, що надходять на контроль, є функція щільності розподілу ймовірності величини частки дефектних виробів в партіях продукції $f_{вх}(q)$. Тоді, використовуючи правило множення ймовірностей, можна записати вираз для ймовірності прийняття правильних рішень:

$$P_n = \int_0^1 \Psi(q) f_{вх}(q) dq \quad (4.3)$$

Як приклад розглянемо план контролю за даними прикладу з п.4.1. Якщо $n = 20$, при $N = 10000$ і $c = 0$, де c – приймальне число, тобто допустиме число дефектних виробів у вибірці для партій, що приймаються, то такий план контролю забезпечує $q_r = 3,95\%$ та $P_n = 0,963$ при рівномірному законі розподілу $f_{вх}(q)$. Якщо вважати, що $f_{вх}(q)$ являє собою експоненціальний закон з параметром, рівним q_r/σ , то ймовірність прийняття правильних рішень $P_n = 0,75$ (використання виразу (4.2) призводить до завищення результату).

Таким чином, планування контролю з використанням нормативу q_r полягатиме у виборі об'єму вибірки і вирішального правила з встановлених значень q_r та P_n .

4.7 Одноступінчатий контроль за альтернативною ознакою

Контроль за альтернативною ознакою є різновидністю СПКЯП за якісною ознакою і полягає в тому, що з партії продукції об'ємом N береться вибірка об'ємом n шт. виробів, а вироби вибірки перевіряються на відповідність вимогам технічних умов (ТУ) або іншого нормативного документа. Підраховується кількість дефектних виробів d вибірки. Якщо $d \leq c$, де c – приймальне число, то партія продукції приймається, в

протилежному випадку – бракується. План контролю – значення об'єму вибірки n та приймального числа c для заданого об'єму партії N – встановлюється за прийнятими в результаті домовленості між постачальником і споживачем граничним значенням частки дефектних виробів для партій продукції задовільної якості q_r та значенням ймовірності прийняття правильних рішень при здійсненні контролю P_n з використанням формули (4.2). Для спрощення обчислень з використанням формули (4.2) отримано емпіричним шляхом робочі формули. Таким чином, процедура встановлення плану контролю здійснюється в такому порядку:

1. Визначається об'єм вибірки для випадку $c = 0$ за формулою:

$$n = \frac{0.69}{q_r}, \quad (4.4)$$

2. Визначається також ймовірність прийняття правильних рішень

$$P_n = 1 - 0.94q_r, \quad (4.5)$$

3. Якщо отримане значення не задовольняє вимоги постачальника і споживача, то переходять до розгляду випадку $c = 1$:

$$n = \frac{1.68}{q_r}, \quad (4.6)$$

$$P_n = 1 - 0.59q_r, \quad (4.7)$$

4. Якщо і цей результат буде вважатись неприйнятним, тоді розглядається варіант $c = 2$:

$$n = \frac{2.68}{q_r}, \quad (4.8)$$

$$P_n = 1 - 0.35q_r. \quad (4.9)$$

Формули (4.4 ÷ 4.9) отримані при використанні біноміального закону розподілу дефектних виробів у вибірках, що означає безмежно великий об'єм партії N . Якщо об'єм партії просто значно перевищує об'єм вибірки, то ці формули дають добре наближення. Для партій меншого об'єму потрібно враховувати його величину. Вдалось знайти емпіричні формули і для цього випадку:

$$n = \frac{0.69}{q_r + 0.4/N} \quad \text{при } c = 0, \quad (4.10)$$

$$P_n = 1 - 0.94(q_r + 0.4/N) \quad \text{при } c = 0, \quad (4.11)$$

$$n = \frac{1.68}{q_r + 0.4/N} \quad \text{при } c = 1, \quad (4.12)$$

$$P_n = 1 - 0.59(q_r + 0.4/N) \quad \text{при } c = 1, \quad (4.13)$$

$$n = \frac{2.68}{q_r + 0.4/N} \quad \text{при } c = 2, \quad (4.14)$$

$$P_n = 1 - 0.35(q_r + 0.4/N) \quad \text{при } c = 2. \quad (4.15)$$

Формули (4.4 ÷ 4.15) визначались з використанням виразу (4.2) тобто в розрахунку на рівномірний закон розподілу частки дефектних виробів в

партіях продукції, що поступають на контроль. Але навіть для погано відрегульованого технологічного процесу властиво випускати продукцію задовільної якості, тому чим гірша якість партії, тим рідше таке трапляється. Як вважає багато спеціалістів, частка дефектних виробів в партіях продукції відповідає експоненціальному закону розподілу:

$$f_{\text{вк}}(q) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{q}{\sigma}\right) & \text{при } q \geq 0 \\ 0 & \text{при } q < 0 \end{cases}.$$

Використовуючи цей закон, за виразом (4.3) зроблено підрахунки і отримано емпіричні формули для визначення ймовірності прийняття правильних рішень (формули для визначення об'єму вибірки залишаються без змін):

$$P_n = 0.72 + 0.038 \text{ для } c = 0, \quad (4.16)$$

$$P_n = 0.78 + 0.038 \text{ для } c = 1, \quad (4.17)$$

$$P_n = 0.80 + 0.038 \text{ для } c = 2, \quad (4.18)$$

де $\delta = \frac{q}{\sigma}$, а σ -- середнє квадратичне відхилення.

Іноді розподіл частки дефектних виробів відповідає зрізаному нормальному розподілу:

$$f_{\text{вк}}(q) = \begin{cases} \frac{2}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{q^2}{2\sigma^2}\right) & \text{при } q \geq 0 \\ 0 & \text{при } q < 0 \end{cases}.$$

Для цього розподілу отримано такі формули:

$$P_n = 0.64 + 0.078 \text{ для } c = 0, \quad (4.19)$$

$$P_n = 0.70 + 0.078 \text{ для } c = 1, \quad (4.20)$$

$$P_n = 0.74 + 0.078 \text{ для } c = 2. \quad (4.21)$$

Формули (4.16 – 4.21) дають задовільну для практики точність у випадку $\delta < 2,5$. При більших значеннях якості виготовленої продукції настільки висока, що відпадає необхідність в СПКЯП.

4.8 Двоступінчастий СПКЯП за альтернативною ознакою

Бажання значно підвищити ймовірність прийняття правильних рішень при застосуванні звичайного СПКЯП за альтернативною ознакою призводить до необхідності планування дуже великих об'ємів вибірки, що значно підвищує трудомісткість контролю. А чи можливо знизити трудомісткість контролю при збереженні досить високої достовірності результату? Виявляється, таку можливість дає двоступінчатий контроль. Суть двоступінчастого СПКЯП полягає в такому.

Нехай в якійсь вибірці не виявлено зовсім або виявлено дуже мало дефектних виробів. Очевидно, що з великим ступенем достовірності можна стверджувати про задовільну якість відповідної партії продукції, а прийнявши таку партію, ми будемо мати високу ймовірність правильного

рішення. І навпаки, коли у вибірці буде дуже багато дефектних виробів, то висока ймовірність прийняття правильного рішення буде відповідати рішенню забракувати відповідну партію. А от при середній кількості дефектних виробів у вибірці правильний висновок про якість відповідної партії зробити важче. Тому природно взяти ще одну вибірку. В зв'язку з незалежністю обох вибірок їх можна об'єднати і отримати досить велику вибірку з великою ймовірністю правильності висновку. Але в зв'язку з тим, що друга вибірка береться не дуже часто, то в середньому трудомісткість невисока при досить високому значенні ймовірності прийняття правильних рішень.

Однак в рамках планування контролю за нормативами ризику першого та другого роду, як ще називають ризик постачальника і ризик споживача, відповідно, і відповідними їм частками дефектних виробів виявилось неможливим відповісти на деякі питання, що виникають. Це перш за все питання про оптимальне значення величини другої вибірки. До цього часу цей параметр вибирався інтуїтивно і у вітчизняній промисловості застосовуються плани з другою вибіркою, яка дорівнює першій, або – вдвічі більша.

Інше важливе питання – це визначення середнього об'єму вибірки:

$$\bar{n} = n_1 + \frac{H_2}{H_1} n_2, \quad (4.22)$$

де n_1 – об'єм першої вибірки,

n_2 – об'єм другої вибірки,

H_1 – кількість запропонованих для контролю партій продукції,

H_2 – кількість партій, з яких бралась друга вибірка.

При оцінці ефективності двоступінчастого контролю порівняно з одноступінчастим порівнянню підлягає тільки значення середнього об'єму вибірки.

При підході до планування контролю з використанням нормативів у вигляді ризику першого та другого роду на ці питання дати відповідь неможливо, а значить неможливо використати перевагу двоступінчастого контролю.

Процедура двоступінчастого контролю за альтернативною ознакою полягає в такому.

Береться перша вибірка з партії об'ємом n_1 , що надійшла на контроль, а її вироби перевіряються на відповідність встановленим вимогам. Якщо кількість виявлених дефектних виробів d_1 не перевищує c_1 , то партія продукції приймається. При цьому c_1 називають приймальним числом першої вибірки. Якщо $d_1 \geq c_2$, де c_2 називають бракувальним числом першої вибірки, то партія бракується. Якщо $c_1 < d_1 < c_2$, то береться друга вибірка об'ємом n_2 . Друга вибірка теж контролюється, виявляється кількість дефектних виробів d_2 . Якщо $d_1 + d_2$ не перевищує значення приймального

числа другої кумулятивної вибірки c_3 , то партія продукції приймається, в іншому випадку – бракується.

Таким чином, план контролю повинен складатись з величин n_1 , n_2 , c_1 , c_2 та c_3 . Для визначення цих параметрів плану контролю розглянемо оперативну характеристику двоступінчастого контролю. Виходячи з означення оперативної характеристики як функції ймовірності прийняття партії, запишемо

$$L_{(q)} = P\{d_1 \leq c_1\} + P\{c_1 \leq d_1 < c_2\} \cdot P\{d_2 \leq c_3 - d_1\},$$

де $P\{d_1 \leq c_1\}$ – ймовірність прийняття партії за першою вибіркою;

$P\{c_1 \leq d_1 < c_2\}$ – ймовірність взяття другої вибірки;

$P\{d_2 \leq c_3 - d_1\}$ – ймовірність прийняття партії за результатами контролю виробів другої вибірки.

Множення останніх двох виразів викликане умовною ймовірністю прийняття партії за результатами контролю другої вибірки.

Як і в попередньому випадку (одноступінчастого контролю), будемо вважати об'єм партії досить великим, що дає можливість застосовувати біноміальне наближення. Для партій меншого об'єму застосовуються відповідні поправки.

4.9 Планування двоступінчастого контролю за альтернативною ознакою

Маючи оперативну характеристику аналогічно одноступінчастому контролю, планують і двоступінчастий контроль. Для цього складається функція прийняття правильних рішень, а з використанням закону розподілу частки дефектних виробів в партіях продукції, що поступають на контроль, шляхом інтегрування отримують ймовірність прийняття правильних рішень. Але такі розрахунки робити на практиці кожного разу незручно, тому їх роблять один раз, складають таблиці і потім користуються ними для встановлення плану контролю. Користуючись методом найменших квадратів можна отримати зручні для практичного застосування емпіричні формули для планування контролю.

Як приклад розглянемо результати обчислень для визначення об'ємів вибірок. Користуючись умовою

$$L(q_r) = 0,5,$$

в даному випадку визначено об'єм вибірок для кожного плану контролю (для найбільш поширених сполучень приймальних та бракувальних чисел) залежно від граничного значення частки дефектних виробів.

Для зменшення об'єму таблиць знайдено відповідні емпіричні формули, які для зручності зведені в таблицю, що наведена нижче. Слід відмітити, що отримані формули розраховані на партії продукції великого об'єму. Для партій меншого об'єму слід, як і раніше, у вираз знаменника дописати доданок $0,4/N$.

Слід звернути увагу, що формули для визначення об'єму другої вибірки аналогічні формулам одноступінчастого контролю. Це й не дивно, бо за другою вибіркою приймається остаточне рішення. Нехай ми використовуємо план $c_1 = 0$, $c_2 = 2$, $c_3 = 1$. Тоді, якщо $d_1 = 0$, то партія продукції приймається. Якщо $d_1 = 1$, то береться друга вибірка. Оскільки $c_3 = 1$, то в другій вибірці дефектні вироби не допускаються, тобто для другої вибірки план контролю буде аналогічним одноступінчастому контролю при $c = 0$, а значить і об'єм другої вибірки буде визначатись як для одноступінчастого контролю. Якщо $d_1 > 1$, то партія бракується за першою вибіркою.

Таблиця 4.2 – Визначення об'єму вибірки контролю двоступінчастим методом за альтернативною ознакою.

c_1	c_2	c_3	n_1	n_2		
				$d_1=1$	$d_1=2$	$d_1=3$
0	2	1	$1.145/q_r$	$0.69/d_r$	–	–
0	2	2	$1.145/q_r$	$1.68/d_r$	–	–
0	3	2	$1.566/q_r$	$1.68/q_r$	$0.69/q_r$	–
0	3	3	$1.566/q_r$	$2.68/q_r$	$1.68/q_r$	–
1	3	2	$2.154/q_r$	–	$0.69/q_r$	–
1	3	3	$2.154/q_r$	–	$1.68/q_r$	–
1	4	3	$2.605/q_r$	–	$0.69/q_r$	$1.68/q_r$
1	4	4	$2.605/q_r$	–	$2.68/q_r$	$1.68/q_r$
2	4	3	$3.156/q_r$	–	–	$0.69/q_r$
2	4	4	$3.156/d_r$	–	–	$1.68/q_r$
2	4	5	$3.156/q_r$	–	–	$2.68/q_r$

Як видно з таблиці, деякі плани контролю можуть мати різні об'єми другої вибірки. Так, для плану $c_1 = 0$, $c_2 = 3$, $c_3 = 2$ друга вибірка визначається за формулою $n_2 = 1,68/q_r$, якщо $d_1=2$. Якщо врахувати, що $c_3 = 2$, то при виявленні в першій вибірці одного дефектного виробу, в другій вибірці теж допускається один дефектний виріб і об'єм другої вибірки буде визначатись аналогічно одноступінчастому плану при $c = 1$. Якщо в першій вибірці виявиться два дефектних вироби, то друга вибірка береться, але в ній вже не допускаються дефектні вироби і план контролю буде аналогічний одноступінчастому при $c = 0$.

Для наведених планів контролю визначались емпіричні формули і для ймовірності прийняття правильних рішень, але в цьому випадку вони вийшли досить громіздкими і тому розміщені в додатку А (табл. А1).

При плануванні двоступінчастого контролю, як уже відзначалось, потрібно знати середній об'єм вибірки. Для цього необхідно визначити ймовірність взяття другої вибірки, яка буде визначатись виразом:

$$P_2(q) = P\{c_1 < d_1 < c_2\} ,$$

а з урахуванням закону розподілу частки дефектних виробів у партіях, що надходять на контроль $f_{\text{вк}}(q)$

$$P_2(q_r) = \int_0^1 P_2(q) f_{\text{вк}}(q) dq ,$$

тоді $\bar{n} = n_1 + n_{21} P_{21}(q_r) + n_{22} P_{22}(q_r) ,$

де $P_{(21)}$ – ймовірність відбору вибірки при $d_1 = c_1 + 1$;

$P_{(22)}$ – ймовірність відбору вибірки при $d_1 = c_1 + 2$.

Значення середнього об'єму вибірок теж зведені в табл. А2 додатку А.

Процедура встановлення плану контролю аналогічна одноступінчастому: за домовленістю між виробником і споживачем встановлюється значення q_r і P_n . Користуючись формулами для P_n , визначають значення c_1 , c_2 та c_3 . Потім визначають об'єми вибірок.

4.10 СПКЯП за кількісною ознакою

Подальше прагнення до зниження трудомісткості контролю (при збереженні достовірності) привело до застосування контролю за кількісною ознакою. Це стало можливим завдяки використанню додаткової інформації про властивість продукції, що виробляється. Справа в тому, що технологічний процес виготовлення виробів налагоджений на випуск виробів з певним значенням розміру чи параметра. Так, наприклад, технологічний процес налагоджено на випуск резисторів з опором 51 кОм. Але, якщо вимірювати величину опору резисторів, що виготовляються, то виявиться, що ці значення будуть відрізнятися від розрахункової величини. Як показує аналіз, відхилення розрахункового параметра підлягають певним закономірностям: чим більше відхилення, тим рідше воно зустрічається. Найчастіше такі відхилення відповідають так званому нормальному закону розподілу, який описується аналітичним виразом:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \cdot \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} ,$$

де μ – математичне сподівання, тобто центр розсіювання,

σ^2 – дисперсія, тобто величина розсіювання.

На рис. 4.4 графічно зображено цю залежність.

Кількість дефектних виробів буде мінімальною, коли μ буде співпадати з серединою поля допуску $[x_1; x_2]$ при незмінному значенні σ^2 .

Якщо математичне сподівання відхилиться від середини поля допуску, то кількість дефектних виробів зросте, якість продукції погіршиться. Якість продукції погіршиться також, якщо збільшиться дисперсія, але таке трапляється дуже рідко, і цей випадок ми розглядати не будемо. На рисунку показано не найкращий випадок технологічного процесу. Частіше дисперсія розподілу суттєво менша і при збігу

математичного сподівання з центром поля допуску дефектних виробів у виготовленій продукції практично немає.

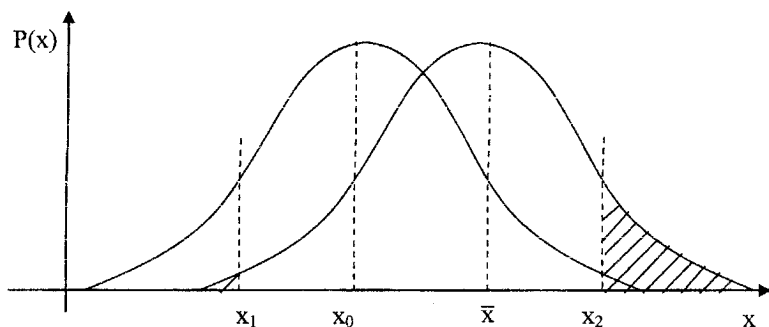


Рисунок 4.4 – Залежність ймовірності при контролі за кількісною ознакою

Якби ми могли знати значення математичного сподівання, то змогли б визначити частку дефектних виробів

$$q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}y} \int_{-\infty}^{x_1} \exp\left\{-\frac{(x-M)^2}{2y^2}\right\} dx + \frac{1}{\sqrt{2\pi}y} \int_{x_2}^{+\infty} \exp\left\{-\frac{(x-M)^2}{2y^2}\right\} dx .$$

Користуючись цим виразом, можна визначити залежно від встановленого значення частки дефектних виробів для партій продукції задовільної якості допустиме відхилення математичного сподівання. Оцінкою цієї величини, як стверджує математична статистика, є середнє арифметичне значення, обчислення якого досить просте. Як показують розрахунки, об'єм вибірки для визначення середнього арифметичного може бути набагато меншим, ніж при контролі за альтернативною ознакою, але для реалізації контролю за кількісною ознакою необхідно знати закон розподілу параметра виробів та незмінні в часі параметри розподілу.

4.11 Планування СПКЯП за кількісною ознакою

Розглянемо питання планування СПКЯП за кількісною ознакою для випадку, коли у виробів продукції контролюється один параметр x , а якість продукції визначається часткою дефектних виробів в партії. При цьому партія продукції буде вважатись задовільної якості, коли частка дефектних виробів її не буде перевищувати граничного значення q . Будемо також вважати, що значення контрольованого параметра виробів відповідає нормальному закону розподілу з постійним значенням дисперсії σ_0^2 . В цих умовах, як правило, допуск на контрольований параметр виробів симетричний, тобто половина ширини поля допуску буде:

$$\Delta = X_0 - X_1 = X_2 - X_0 ,$$

де X_1 та X_2 – нижня та верхня границі поля допуску, відповідно, X_0 – середина поля допуску або номінал параметра. За таких умов збільшення частки дефектних виробів спостерігається при відхиленні математичного сподівання від номіналу x_0 . В цьому випадку, як зазначалось, контроль якості варто виконувати шляхом визначення середнього арифметичного значення контрольованого параметра виробів вибірки і порівнювати його з встановленими границями. При цьому партія продукції приймається, якщо середнє арифметичне не виходить за межі інтервалу $[x_{гбн}; x_{гбв}]$, в іншому випадку – бракується. $x_{гбн}$ і $x_{гбв}$ називають границями браковки – нижньою і верхньою, відповідно.

Для ведення контролю необхідно, перш за все, визначити границі браковки. В зв'язку з цим нагадаємо властивості середнього арифметичного значення як оцінки математичного сподівання; похибка такої оцінки теж відповідає нормальному закону розподілу з дисперсією в n раз меншою за дисперсію випадкової величини, якою в нашому випадку є контрольований параметр виробів. Математичне сподівання похибки дорівнює нулю, тобто, математичне сподівання середнього арифметичного дорівнює математичному сподіванню випадкової величини. За таких умов кажуть, що оцінка є незміщеною. Це означає, що оптимальними будуть такі границі браковки, які визначені з умови, що математичне сподівання середнього арифметичного дорівнює математичному сподіванню випадкової величини.

Таким чином, якщо математичне сподівання контрольованого параметра збігається з якоюсь границею браковки, то частка дефектних виробів при цьому повинна збігатися з граничним його значенням:

$$q_r = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left\{-\frac{(X - X_{гб})^2}{2\sigma_0^2}\right\} dx.$$

З цього виразу встановлюють границю браковки, але щоб не робити розрахунки кожного разу, складено таблицю для встановлення границь. Щоб таблиця була універсальною, переходять до нормованих параметрів. Введемо позначення:

$$\eta = \frac{X_0 - X_1}{\sigma_0} = \frac{X_2 - X_1}{\sigma_0}; \quad k_b = \frac{X_0 - X_{гбн}}{\sigma_0} = \frac{X_{гбв} - X_0}{\sigma_0}.$$

Тоді попередній вираз буде мати вигляд:

$$q_r = 1 - \Phi_0(\eta - k_b)\Phi_0(\eta + k_b),$$

де

$$\Phi_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left\{-\frac{X^2}{2}\right\} dx.$$

Остання функція називається функцією Лапласа і вона наведена в додатку А (табл. А3). З використанням цього виразу складено таблицю, за допомогою якої назначається коефіцієнт границі браковки k_b , а самі границі визначаються за виразами:

$$X_{г\text{н}} = X_0 - k_6 \sigma_0 ; \quad X_{г\text{н}} = X_0 + k_6 \sigma_0 .$$

Прочерки в таблиці 4.3 для малих значень q_r означають, що для такої низької якості продукції неможливо гарантувати низьке значення частки дефектних виробів у партіях, що пройдуть контроль. Прочерки для великих значень q_r означають, що в цьому випадку якість виготовлення продукції висока і не потребує контролю.

Таблиця 4.3 – Відносне значення півширини зони між границями браковки k_6

q_r	η							
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
0,003	–	–	–	–	–	0,10	0,49	0,68
0,005	–	–	–	–	0,10	0,39	0,63	0,84
0,010	–	–	–	0,11	0,44	0,67	0,87	1,06
0,015	–	–	–	0,40	0,62	0,83	0,99	1,21
0,020	–	–	0,26	0,53	0,74	0,94	1,09	1,33
0,030	–	0,17	0,50	0,72	0,92	1,08	1,23	1,52
0,050	0,21	0,50	0,75	0,95	1,14	1,27	1,45	–
0,750	0,52	0,76	0,96	1,16	1,33	1,46	–	–
0,100	0,70	0,91	1,11	1,32	1,46	1,61	–	–

Об'єм вибірки залежить від бажаної достовірності контролю, як і для контролю за альтернативною ознакою – від ймовірності прийняття правильних рішень. Для цього запишемо вираз для оперативної характеристики. Нагадаємо, що оперативна характеристика – це функція залежності ймовірності прийняття партії продукції від значення математичного сподівання M . Оскільки математичне сподівання ми оцінюємо за середнім арифметичним, то ймовірність буде визначатись похибкою оцінки. Тоді

$$L(\mu) = \frac{1}{\sigma_0} - \sqrt{\frac{n}{2\pi}} \int_{x_{г\text{н}}}^{x_{г\text{н}}} \exp\left\{-\frac{(X-\mu)_h^2}{2\sigma_0^2}\right\} dx .$$

Функція прийняття правильних рішень буде:

$$\psi(\mu) = \begin{cases} L(\mu) & \text{при } \mu \in [X_{г\text{н}}, X_{г\text{н}}] \\ 1 - L(\mu) & \text{при } \mu < X_{г\text{н}} \text{ або } \mu > X_{г\text{н}} \end{cases} .$$

Далі необхідно визначити функцію розподілу математичного сподівання в партіях продукції, що надходять на контроль. Справа в тому, що технологічний процес виготовлення виробів постійно регулюється і це приводить до малої ймовірності великих відхилень, тому розподіл величини M добре описується нормальним законом. Математичне сподівання цього закону в загальному випадку повинно збігатися з математичним сподіванням значень контрольованого параметра.

Дисперсія визначається з використанням правила суми дисперсій

$$\sigma_{\mu}^2 = \sigma^2 - \sigma_0^2 \quad ,$$

де σ^2 – дисперсія значень контрольованого параметра за великий проміжок часу під дією як випадкових, так і систематичних факторів;

σ_0^2 – дисперсія з урахуванням тільки випадкових факторів.

Таким чином

$$f_{\text{вк}}(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\mu}} \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma_{\mu}^2}\right\} .$$

Як і раніше, ймовірність прийняття правильних рішень буде

$$P_n = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(\mu) f_{\text{вк}}(\mu) d\mu .$$

З використанням цього виразу розрахована таблиця А4 значень об'єму вибірки залежно від показника нестабільності $k_n = y_m/y_0$ і коефіцієнта границь браковки k_6 (див. додаток А).

Таким чином, процедура планування контролю за кількісною ознакою полягає в такому.

1. Шляхом статистичного аналізу технологічного процесу виготовлення контрольованої продукції визначають σ , σ_0 і σ_{μ} .
2. Встановлюється нормативне значення q_r .
3. З технічної документації визначаються параметри поля допуску x_1 і x_0 та обчислюється параметр η .
4. У таблиці 4.3 визначається коефіцієнт границь браковки та самі границі браковки X_{r6n} і X_{r6b} .
5. Обчислюється коефіцієнт нестабільності k_n і за таблицею А4 додатку А визначається об'єм вибірки n .

Все це повторюється для кожного контрольованого параметра окремо. Процедура статистичного регулювання за кількісною ознакою полягає в такому.

1. З партії контрольованої продукції відбирається вибірка об'ємом N шт. виробів, в яких вимірюється контрольований параметр (параметри).
2. За кожним контрольованим параметром розраховується середнє арифметичне значення.
3. Середнє арифметичне значення порівнюється з відповідними границями браковки: при виході середнього за границі партія продукції бракується, а в іншому випадку – приймається.

4.12 Переваги і недоліки контролю за кількісною ознакою

В літературі з питань контролю за кількісною ознакою стверджується, що такий контроль характеризується меншою трудомісткістю. Дійсно, об'єм вибірки при такому контролі менший порівняно з контролем за альтернативною ознакою. Але це ще не означає, що витрати на контроль будуть меншими. При контролі за кількісною ознакою необхідно вести не

просто оцінку якості виробів вибірки, а робити запис величини параметрів виробів і розрахунок середнього арифметичного. Це призводить до збільшення трудомісткості контролю або застосуванню більш дорогих технічних засобів. Правда, якщо ці засоби вже є в складі технологічного обладнання і є можливість їх використати, то варто розглянути і варіант контролю за кількісною ознакою.

Значне збільшення трудомісткості при контролі за кількісною ознакою може виникнути при необхідності прийомки виробів, що мають декілька контрольованих параметрів. При контролі за кількісною ознакою в цьому випадку потрібно записувати кожен з них і за кожним рахувати середнє арифметичне, що може збільшити витрати на контроль порівняно з контролем за альтернативною ознакою, бо в останньому випадку до числа дефектних виробів потрапляють вироби з дефектом за будь-яким параметром.

Як видно з попереднього пункту, для проведення контролю за кількісною ознакою необхідно знати закон розподілу значень контрольованого параметра чи кожного з контрольованих параметрів в контрольованій партії. Як правило, тип закону з часом не змінюється і його визначають попередньо. Але в процесі виробництва може трапитись так, що в партію продукції потраплять дві або кілька частин виробів з одним типом розподілу, з одним значенням дисперсії та різними значеннями математичного сподівання. Закон розподілу такої суміші уже буде іншим і контроль за кількісною ознакою може дати значну похибку. Таким чином, партія може складатись з двох рівних частин з різними значеннями математичного сподівання і з приблизно однаковим відхиленням його від середини поля допуску, але з різним знаком. Тоді середнє значення у вибірці з великою ймовірністю буде близьким до середини поля допуску і контроль засвідчить високу якість продукції. Насправді партія містить значну частку дефектних виробів (рис. 4.5). При контролі за альтернативною ознакою похибки уникнути досить легко. Тому при контролі за кількісною ознакою висуваються досить жорсткі умови до формування партії.

Контроль за кількісною ознакою не може бути застосований, якщо перед вибірковим приймальним контролем виконується суцільний контроль, який в значній мірі може спотворити закон розподілу.

Таким чином, при вирішенні питання про застосування вибіркового контролю за кількісною ознакою потрібно зважити на описані особливості такого методу, а остаточне рішення слід приймати за результатами обчислення трудомісткості контролю.

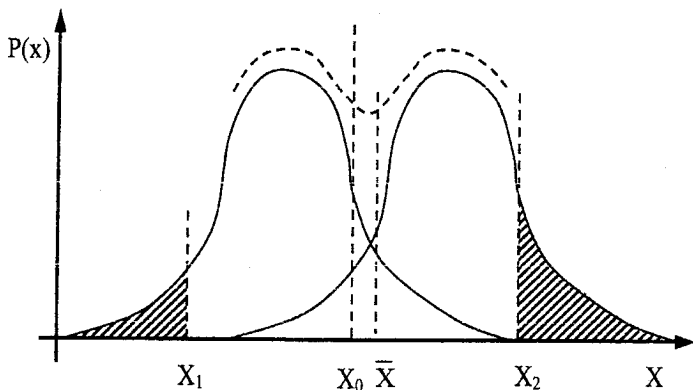


Рисунок 4.5 – Залежність ймовірності при контролі за кількісною ознакою

4.13 Планування СПКЯП за економічним критерієм

При плануванні контролю за критерієм ймовірності прийняття правильних рішень отримують оптимальний план контролю відносно показника оптимізації, який значною мірою є суб'єктивним критерієм: величину ймовірності прийняття правильних рішень ми можемо оцінити тільки суб'єктивно. Але при ринковому господарстві відносини між постачальником і споживачем можуть бути лише економічними. Тому, при можливості, планування контролю слід виконувати за економічними критеріями. Перевагу, як очевидно, слід віддавати критерію у вигляді прибутку від СПКЯП. Планування контролю за показниками ризику першого і другого роду не дає можливості перейти до такої оптимізації і передбачає, в кращому випадку, мінімізацію витрат. Може бути багато варіантів економічних стосунків між постачальником і споживачем. Розглянемо два варіанти таких стосунків і планування контролю в цих випадках: коли втрати постачальника від потрапляння дефектних виробів до споживачів виявляються в поштових витратах, викликаних заміною дефектних виробів на придатні, а також у витратах праці постачальника, пов'язаних з заміною дефектних виробів на придатні. Розглянемо також випадок, коли при потрапленні до споживача партій продукції з часткою дефектних виробів, що перевищують граничне значення для партій задовільної якості, постачальник, крім заміни дефектних виробів на придатні, ще сплачує штраф за кожну таку партію.

Розглянемо перший випадок. Нехай санкції до постачальника при виявленні дефектних виробів у продукції, що постачається, будуть полягати в заміні за рахунок постачальника на придатні. Щоб скоротити витрати на заміну, можна ввести контроль і, зокрема, вибірковий контроль. Але при досить сильному контролі витрати на нього можуть бути настільки високими, що перевищать витрати на заміну. Тому потрібно вибрати такий

план контролю, який би давав максимально можливий прибуток. Розглянемо порядок встановлення такого плану.

Частка дефектних виробів у продукції, що виготовляється, визначається за виразом:

$$\bar{q}_{\text{вн}} = \int_0^1 q \cdot f_{\text{вн}}(q) dq ,$$

де, нагадаємо, $f_{\text{вн}}(q)$ – функція щільності розподілу ймовірності дефектних виробів у партіях продукції, що надходять на контроль. Для визначення ефективності контролю потрібно знати частку дефектних виробів після контролю і зменшення її внаслідок контролю. Для цього визначимо функцію щільності розподілу ймовірності частки дефектних виробів у прийнятих партіях продукції. З цією метою використаємо правило множення ймовірностей:

$$f_{\text{вн}}(q) = k f_{\text{вн}}(q) L(q) .$$

Коефіцієнт k визначається з умови:

$$\int_0^1 f_{\text{вн}}(q) dq = 1 , \quad k = 1 / \int_0^1 f_{\text{вн}}(q) L(q) dq ,$$

тоді середня частка дефектних виробів у прийнятих партіях буде:

$$q_{\text{вн}} = \int_0^1 q f_{\text{вн}}(q) dq = \frac{\int_0^1 q f_{\text{вн}}(q) L(q) dq}{\int_0^1 f_{\text{вн}}(q) L(q) dq} .$$

Ефективність контролю буде визначатись різницею:

$$\Delta q = \bar{q}_{\text{вн}} - \bar{q}_{\text{вн}} = \int_0^1 q f_{\text{вн}}(q) dq - \frac{\int_0^1 q f_{\text{вн}}(q) L(q) dq}{\int_0^1 f_{\text{вн}}(q) L(q) dq} .$$

На таке значення частки дефектних виробів зменшиться їх надходження до споживача, а значить, відповідно, зменшаться витрати на заміну:

$$\Delta c_3 = c_3 N_{\text{пост}} \Delta q .$$

Але це ще не прибуток від контролю. Прибуток від контролю буде визначатись за виразом:

$$c = c_3 N_{\text{пост}} \Delta q - n \frac{N_{\text{пост}}}{N} , \quad c_2 = \left(c_3 \Delta q - \frac{n}{N} c_2 \right) N_{\text{пост}} ,$$

де $N_{\text{пост}}$ – об'єм поставки продукції за встановлений період, частіше всього за рік;

N – стандартне або середнє значення об'єму партії;

c_2 – витрати на СПКЯП з розрахунку на один виріб;

c_3 – витрати на заміну дефектних виробів з розрахунку на один виріб.

Оптимальне значення об'єму вибірки визначається за умовою максимуму прибутку від контролю, тобто шляхом дослідження останнього виразу на максимум.

Як видно з наведених виразів, таким чином визначається оптимальний з економічної точки зору план контролю при застосуванні будь-якого методу контролю, варто лише знати оперативну характеристику $L(q)$. Слід відзначити, що у випадку контролю за альтернативною ознакою необхідно розрахунки повторювати для кожного можливого плану контролю з визначення величини прибутку для об'єму вибірки в точці максимуму. Оптимальним буде такий план контролю, для якого прибуток буде найбільшим.

Розглянемо другий випадок, коли з постачальника стягується ще й штраф за перевищення частки дефектних виробів у партії вище значення q_r . Середня кількість партій продукції незадовільної якості, що потраплять до споживача, буде:

$$k = \frac{N_{\text{пост}}}{N} \int_{q_r}^1 f_{\text{вих}}(q) dq ,$$

а при відсутності контролю –

$$k' = \frac{N_{\text{пост}}}{N} \int_{q_r}^1 f_{\text{вх}}(q) dq .$$

Якщо позначити через c_4 величину штрафу за партію незадовільної якості, зменшення суми штрафів за встановлений період внаслідок впровадження контролю, буде :

$$\Delta c_{\text{ш}} = c_4 \frac{N_{\text{пост}}}{N} \left[\int_{q_r}^1 f_{\text{вх}}(q) dq - \int_{q_r}^1 f_{\text{вих}}(q) L(q) dq \right] .$$

Це додатковий прибуток порівняно з першим випадком, тому легко записати вираз для величини прибутку від застосування контролю:

$$E = c_3 N_{\text{пост}} \bar{\Delta q} + \Delta c_{\text{ш}} - n \frac{N_{\text{пост}}}{N} c_2 .$$

Порядок встановлення оптимального плану контролю такий самий, як і в попередньому випадку.

Розглянуті випадки не вичерпують всіх можливих варіантів домовленостей між постачальником і споживачем, але оптимізацію плану контролю неважко зробити, користуючись викладеним підходом.

Контрольні запитання

1. Основні переваги та недоліки вибіркового контролю якості продукції. Область застосування вибіркового методу.
2. Що таке якість виробу і якість продукції?
3. В чому полягає вибірково-контроль якості продукції?
4. Вимоги до партій продукції, що підлягають вибірково-контролю.
5. Що таке представницька вибірка та методи її забезпечення?
6. Що таке контроль за кількісною, якісною та альтернативною ознакою?
7. Що таке одноступінчастий, двоступінчастий, багаступінчастий і неперервний контроль?
8. Що таке адаптивні методи контролю та вкорочений контроль?
9. План вибіркового контролю.
10. Планування контролю.
11. Оперативна характеристика плану контролю.
12. Показники ефективності вибіркового контролю.
13. Ризик першого та другого роду. Недоліки застосування цих показників.
14. Показники ефективності вибіркового контролю. Застосування граничного значення частки дефектних виробів для партій задовільної якості при плануванні вибіркового контролю.
15. Основна властивість оперативної характеристики плану контролю в точці граничного значення частки дефектних виробів.
16. Що таке функція ймовірності прийняття правильних рішень і як її отримати?
17. Що таке ймовірність прийняття правильних рішень і для чого вона використовується?
18. Що таке функція розподілу частки дефектних виробів в партіях продукції і як вона використовується для оцінки ефективності вибіркового контролю?
19. В чому полягає одноступінчастий контроль за альтернативною ознакою і який порядок встановлення цього плану контролю?
20. В чому полягає двоступінчастий план контролю? За рахунок чого підвищується ефективність двоступінчастого контролю?
21. Особливості планування двоступінчастого контролю.
22. Оперативна характеристика двоступінчастого плану контролю.
23. Порядок планування двоступінчастого контролю.
24. В чому полягає контроль за кількісною ознакою?
25. Особливості планування контролю за кількісною ознакою.
26. Порядок планування контролю за кількісною ознакою.
27. Переваги та недоліки контролю за кількісною ознакою.
28. Економічний підхід до планування вибіркового контролю.

5 СТАТИСТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

5.1 Основні поняття

Висока якість продукції, що відправляється споживачеві, забезпечується не тільки ефективним приймальним контролем, але й добре налагодженим технологічним процесом. Для виробництва ВЕТ підтримання технологічного процесу на належному рівні має значення не тільки для якості продукції, але й для збільшення її кількості. Справа в тому, що точність технологічних процесів у виробництві ВЕТ не відповідає вимогам до якості продукції за рахунок збільшеного розкиду значень електричних параметрів: при найменшому відхиленні центру розкиду від номінального положення значно зростає частка дефектних виробів.

Для підтримання технологічного процесу в налагодженому стані застосовується регулювання, яке на практиці промислового виробництва здійснюється за двома напрямками:

- шляхом корегування технологічних параметрів технологічного процесу за результатами вимірювання тих самих технологічних параметрів, тобто шляхом стабілізації технологічних параметрів;
- шляхом корегування технологічних параметрів за результатами контролю якості виробленої продукції.

Кожний з цих напрямків має свої переваги і недоліки і повинен застосовуватись в розумному співвідношенні. Перший метод більш дешевий, дозволяє автоматизацію контролю і корегування. Однак, підтримання технологічних параметрів в заданих межах ще не гарантує отримання продукції належної якості або мінімально можливої частки дефектних виробів. Через це найбільш об'єктивною оцінкою стану технологічного процесу буде якість виробленої продукції.



Рисунок 5.1 – Схема функціонування корегованого технологічного процесу

Отримання виробів з дефектами навіть при суворому дотриманні технологічних параметрів в заданих межах пояснюється впливом на технологічний процес неконтрольованих відхиляючих факторів. Розглянемо на схемі (див. рис. 5.1) функціонування корегованого технологічного процесу.

На рисунку під L_1, L_2, \dots, L_p розуміють вхідні параметри: параметри матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів, що надходять; X_1, X_2, \dots, X_n – контрольовані технологічні параметри; Z_1, Z_2, \dots, Z_k – неконтрольовані відхиляючі фактори; Y_b, Y_b, \dots, Y_m – це вихідні параметри процесу, тобто параметри виробленої продукції; R_1, R_2, \dots, R_l – параметри корегуючої дії. Взаємодію всіх цих факторів можна зобразити таким рівнянням:

$$Y(t) = f(\bar{X}(t), \bar{Z}(t), \bar{R}(t), \bar{L}(t)) ,$$

яке можна назвати математичною моделлю технологічного процесу.

Розв'язувати це рівняння в багатовимірному векторному просторі досить важко. Розглянемо найпростіший випадок: одну технологічну операцію, що забезпечує отримання одного параметра виробів, а в момент спостереження діє лише один відхиляючий фактор (як буде показано нижче, це не є занадто рідкісним випадком). Тоді наведене векторне рівняння в багатомірному просторі набуде скалярної форми:

$$y = f(x_1; x_2; \dots; x_n; Z_1) = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n + \Delta y_z ,$$

де c_0 – незалежна від часу частина;

c_1, c_2, \dots, c_n – коефіцієнти, що характеризують вплив технологічних факторів на вихідний параметр;

Δy_z – реакція технологічного процесу на відхиляючий фактор.

Ця рівність буде справедливою, якщо вважати, що $Z(t)$ підтримуються на постійному рівні і фактично не залежать від часу. В іншому випадку це вже не справа регулювання цієї операції. Наведена залежність – лінійна, найпростіша, але, як показує практика, вона дає добре наближення, тому що Δy_z мають невеликі значення при статистичному регулюванні, що допускає лінійну апроксимацію.

Таким чином, при дії відхиляючого фактора технологічний процес буде давати похибку Δy_z . Усунути цю похибку можна двома шляхами:

- виявити відхиляючий фактор і усунути його дію,
- відповідно змінити якийсь технологічний параметр з метою компенсації відхилення.

Перший спосіб усунення похибки повністю визначається властивостями конкретного технологічного процесу і в загальному вигляді не має розв'язку. Розглянемо більш детально другий спосіб.

Корегувати всі технологічні параметри одночасно для усунення похибки, очевидно, недоцільно. Тому виберемо якийсь один з них, керую-

чись величиною c_0 , зручністю корегування тощо, тоді останній вираз можна записати у вигляді:

$$y = c'_0 + c_k x_k + \Delta\gamma_z ,$$

де $c_0 = c_0 + c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_{n-1} x_{n-1}$ – постійна величина.

Для усунення похибки відкорегуємо технологічний параметр на величину Δx_k . В разі відсутності відхиляючого фактора

$$\gamma = c'_0 + c_k x_k ,$$

то

$$c_k (x_k + \Delta x_k) = c_k x_k + \Delta\gamma_z ,$$

звідки

$$\Delta x_k = \Delta\gamma_z / c_k .$$

Таким чином, для забезпечення компенсуючого регулювання необхідне знання математичної моделі технологічного процесу.

5.2 Статистичне регулювання

Для регулювання технологічного процесу шляхом усунення дії відхиляючого фактору чи компенсуючого корегування потрібно в першому випадку виявити дію відхиляючого фактору, а в другому – додатково визначити реакцію технологічного процесу на дію цього фактора. Це завдання ускладнюється наявністю двох типів відхилень: випадкових і систематичних. Випадкові відхилення – це або дуже незначні відхилення, або суттєві відхилення, що виникають в результаті одночасної дії великої кількості незначних відхиляючих факторів. В зв'язку з цим такі відхилення проявляються в зміні властивостей кожного виробу окремо і усунути чи компенсувати такі відхилення неможливо. Систематичні відхилення є наслідком дії одного відхиляючого фактора і, як правило, спостерігаються впродовж деякого часу. Тому такі відхилення можна усунути. Ускладнення регулювання полягає в тому, що на фоні випадкових відхилень необхідно виявити систематичне відхилення і навіть визначити його величину. Це завдання можливо вирішити тільки застосовуючи методи математичної статистики, тому таке регулювання називають *статистичним регулюванням технологічних процесів* (СРТП).

Параметри виробів в умовах дії випадкових відхиляючих факторів будуть випадковими величинами і відповідають певному закону розподілу зі своїми невідповідними параметрами. Найчастіше – це, так званий, нормальний закон розподілу, що описується рівнянням:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} .$$

В даному випадку μ – це невідповідний параметр випадкової величини, названий математичним сподіванням, а з точки зору СРТП, його називають рівнем налагодженості. Невідповідний параметр називають середнім квадратичним відхиленням, а квадрат цієї величини – дисперсією. Цей параметр характеризує точність технологічного процесу.

Відхилення рівня налагодженості від встановленого значення відбувається під дією систематичних відхиляючих факторів, а під дією випадкових факторів спостерігається розкид значень параметра виробів навколо рівня налагодженості. Цей розкид, як правило, з часом не змінюється, а збільшення частки дефектних виробів відбувається з причини зміщення рівня налагодженості під дією систематичних відхилень факторів. Тому завданням СРТП буде визначення математичного сподівання значень контрольованого параметра виробів, порівняння його з оптимальним значенням і регулювання технологічного процесу.

Як доводить математична статистика, визначити точне значення математичного сподівання неможливо, тому що для цього необхідно використати нескінченно велику кількість даних. Тому на практиці ми визначаємо наближене значення, яке в математичній статистиці називають оцінкою. Оцінкою математичного сподівання є середнє арифметичне значення.

Процедура СРТП полягає в такому.

1. Періодично з потоку виготовленої продукції відбирається вибірка об'ємом n штук вироблених виробів підряд.

2. Вироби вибірки перевіряються на відповідність встановленим вимогам з визначенням значень контрольованого параметра або на відповідність встановленому зразку.

3. За даними контролю визначають оцінку не випадкового параметра, порівнюють значення цього параметра з встановленим рівнем, а за результатами порівняння приймають рішення про корегування технологічного параметра чи про пошук і усунення відхиляючого фактора.

При цьому об'єм вибірки, періодичність контролю, правило обробки даних і правило прийняття рішення називають планом контролю. Планування контролю починають з попереднього статистичного аналізу, в результаті якого визначають тип закону розподілу і його параметри. Для нормального закону розподілу визначають два параметри, – математичне сподівання і дисперсію. Математичне сподівання повинно збігатися з серединою поля допуску, в іншому випадку необхідно провести роботу із покращення рівня налагодженості технологічного процесу. В порядку визначення середнього квадратичного відхилення визначають “миттєве” його значення σ_0 і загальне значення σ . Перше значення середнього квадратичного відхилення визначається в умовах відсутності дії систематичних відхиляючих факторів, друге – в умовах дії як систематичних, так і випадкових факторів. Найчастіше визначення цих величин проводять методом малих вибірок.

Метод малих вибірок полягає в тому, що з потоку виготовленої продукції відбирають вибірки відносно невеликого об'єму 20 – 40 шт. періодично протягом тривалого часу (наприклад, щодня протягом кількох місяців). За цей період поряд з дією випадкових відхиляючих факторів інколи будуть діяти і систематичні відхиляючі фактори. При цьому буде

відповідно відхиляться математичне сподівання і його оцінка – середнє арифметичне значення. Це використовують для виявлення вибірок, виробу яких виготовлені під час дії систематичних відхиляючих факторів. Методами математичної статистики визначають суттєвість відхилень середнього арифметичного значення і при позитивному результаті перевірки виключають відповідні вибірки при визначенні σ_0 . Для визначення σ_0 використовують всі дані спостережень.

Зрозуміло, що $\sigma \leq \sigma_0$, і чим більша різниця між цими значеннями, тим більшу чутливість має технологічний процес до дії систематичних відхиляючих факторів і тим більший ефект можна отримати від запровадження статистичного регулювання. При $\sigma = \sigma_0$ технологічний процес не схильний до розладів під дією систематичних факторів, і застосування статистичного регулювання не може дати позитивних наслідків. Показником схильності технологічного процесу до дії систематичних відхиляючих факторів буде коефіцієнт стабільності: $k_{\text{ст}} = \sigma_0 / \sigma$.

5.3 Поопераційне регулювання

Технологічний процес складається з окремих технологічних операцій, яких може бути досить багато, особливо при виготовленні напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Кожна технологічна операція надає виробу певних властивостей, а найчастіше - якусь одну. Але при виготовленні ВЕТ при наявності великої кількості технологічних операцій кожен вихідний параметр виробу виявляється залежним від багатьох технологічних операцій. Тому деякі дослідники вважали, що статистичне регулювання таких технологічних процесів повинно полягати в оптимізації технологічних параметрів окремих операцій залежно від стану технологічного процесу в окремі моменти часу. Фактично вважалось, що розлад на одних технологічних операціях може бути скомпенсовано на інших технологічних операціях зміною технологічних параметрів.

Практика показала, що таким чином організоване статистичне регулювання не дає очікуваного результату, а іноді навіть призводить до погіршення стану технологічного процесу. Причин цьому декілька. Перш за все, в такій системі спостерігається так зване транспортне запізнення інформації. Справа в тому, що виробництво ВЕТ, як уже згадувалось, характеризується великою кількістю технологічних операцій, а це викликає збільшення тривалості технологічного циклу. Часто тривалість цього циклу перевищує місяць, і після виникнення розладу на одній з перших операцій до отримання відповідної інформації після останньої операції проходить досить тривалий час, розлад операції не регулюється. З іншого боку трапляється, що такий розлад зникає сам, а в цей час отримується інформація про розлад, технологічні параметри корегуються і це призводить не до покращення, а до погіршення стану технологічного процесу.

Є ще один дуже суттєвий недолік. При регулюванні великої системи, якою є складний технологічний процес, потрібно мати її математичну модель, яка в даному випадку може бути лише статистичною, тобто отриманою експериментальним шляхом. Але складний технологічний процес практично не буває в повністю налагодженому стані, що знайде відображення в моделі. Тому статистична модель не може бути доброю основою для статистичного регулювання.

Як вже зазначалось, описана система регулювання виготовлення ВЕТ передбачає корегування не тільки технологічних параметрів операцій, на яких виник розлад, а тих операцій, що більш чутливі до корегування або з урахуванням зручності корегування. Таке регулювання не може бути оптимальним, оскільки кожна технологічна операція має свої оптимальні значення технологічних параметрів.

Перераховані недоліки примушують застосовувати поопераційне регулювання технологічного процесу. Легко переконатись, що всі ці недоліки при поопераційному регулюванні зникають. Але, особливо для технологічних процесів виготовлення ВЕТ, поопераційне регулювання вимагає встановлення чітких вимог до кожної технологічної операції. Це зручно робити статистичними методами шляхом визначення, з врахуванням забезпечення вихідних параметрів на останній технологічній операції, вимог до вихідних параметрів передостанньої операції, а потім – аналогічно – до всіх операцій процесу. Далі, на окремих технологічних операціях застосовується регулювання, яке повинно забезпечити виконання встановлених вимог.

Для кожної технологічної операції теж складається математична модель, але вона буде набагато простішою, ніж для всього технологічного процесу. Крім цього, може бути застосовано не тільки статистичне, а й фізичне моделювання, що може значно підвищити якість математичної моделі.

Поопераційне регулювання має ще одну перевагу: воно набагато дешевше за рахунок зменшення витрат висококваліфікованої праці. Зменшується також застосування обчислювальної техніки, тому що регулювання настільки спрощується, що його може вести операційний робітник з застосуванням розрахованих заздалегідь таблиць.

5.4 Методи статистичного регулювання

Коли кажуть про методи статистичного регулювання, то мають на увазі класифікацію цих методів і взаємний зв'язок між ними.

Як вже згадувалось, за засобами впливу на технологічний процес методи статистичного регулювання можна поділити на регулювання шляхом компенсуючого корегування технологічних параметрів та регулювання шляхом усунення дії відхиляючих факторів. В деяких випадках ці два ме-

тоди можуть збігатися, коли розлад полягає у відхиленні технологічного параметра.

При статистичному регулюванні методом компенсуючого корегування необхідно визначити корегований технологічний параметр і величину корегуючого впливу. В цьому відношенні статистичне регулювання поділяється на метод з безпосереднім корегуванням, тобто коли величина корегування визначається безпосередньо за результатами вибіркового контролю, і на регулювання шляхом виявлення відхилення з подальшим додатковим аналізом з метою визначення величини корегуючого впливу.

Застосовують також так звані адаптивні методи статистичного регулювання, які полягають у використанні результатів не тільки контролю останньої вибірки, а й попередніх. До адаптивних методів можна віднести метод з двома границями регулювання та метод кумулятивних сум. Ідея адаптивних методів полягає в тому, що при малих відхиленнях значно зростає відносна похибка за рахунок випадкових відхилень, тому спостерігають тенденцію відхилень за кількома вибірками. Якщо спостерігається певна тенденція, то це свідчить про наявність систематичного відхилення.

Вище було показано, що систематичні відхиляючі впливи на технологічний процес призводять до відхилення математичного сподівання, оцінкою якого є середнє арифметичне значення. Але іноді виникають труднощі з обчисленнями і тому використовують інші оцінки математичного сподівання: медіану та центри розкиду. Ці оцінки мають більшу похибку порівняно з середнім арифметичним і, зважаючи на добре забезпечення обчислювальними засобами сучасного виробництва, відповідні методи зараз не використовуються.

При контролі якості виробленої продукції не завжди можна визначити рівень якості шляхом отримання числового результату. Тому розрахувати значення середнього арифметичного неможливо. Це трапляється, коли якість продукції визначається шляхом порівняння з граничними зразками. До такого контролю відноситься контроль зовнішнього вигляду виробів. В цьому випадку використовується метод за кількістю дефектних виробів у вибірці і метод звуженого допуску. В першому випадку визначається різниця між кількістю дефектних виробів (більше норми і менше норми), що характеризує рівень налагодженості. Цей метод потребує великого об'єму вибірки. Метод звуженого допуску потребує значно меншого об'єму вибірки за рахунок використання значного звуження встановленого допуску, а в іншому він не відрізняється від попереднього.

Існують також методи статистичного регулювання з визначенням не тільки рівня налагодженості, але й величини розсіювання як не випадкового параметра. Але практика показує, що систематичні відхиляючі фактори призводять тільки до відхилення центру налагодженості. До згаданих методів відноситься метод середнього

квадратичного значення, метод розмаху та метод регулювання за сумарною кількістю дефектних виробів у вибірці.

5.5 СРТП з безпосереднім ступінчастим корегуванням

В практиці промислового виробництва масової продукції зустрічаються технологічні операції, параметри яких регулюються ступінчасто. Так, на операції різання злитка напівпровідникового матеріалу товщина пластини регулюється ступінчасто шляхом заміни зубчастих коліс. Очевидно, що спосіб корегування технологічного параметра не може не впливати на спосіб статистичного регулювання особливо з безпосереднім корегуванням.

Нехай $\Delta\mu_{kl}$ – реакція технологічної операції на один ступінь корегування. Розглянемо ефективність корегування за критерієм відносної зміни частки дефектних виробів в результаті корегування:

$$F(\delta) = \frac{q_1 - q_2}{q_1},$$

де q_1 – частка дефектних виробів до корегування,

q_2 – частка дефектних виробів після корегування,

δ – нормоване поточне значення відхилення рівня налагодженості технологічної операції від номінального значення до корегування:

$$\delta = \frac{\mu - \mu_0}{\sigma_0} = \frac{\Delta\mu}{\sigma_0}.$$

Введемо також нормоване значення реакції на одну ступінь корегування:

$$\delta_{kl} = \frac{\Delta\mu_{kl}}{\sigma_0}.$$

Частка дефектних виробів до корегування буде:

$$q_1 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left[-\frac{(x - (\mu - \Delta v))^2}{2\sigma_0^2}\right] dx,$$

або

$$q_1 = 1 - \Phi_0(\delta_0 - \delta) - \Phi(\delta_0 - \delta),$$

де Φ_0 – знак функції Лапласа: $\Phi_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx$; $\delta_0 = \frac{\Delta}{\sigma_0}$;

Δ – півширина поля допуску.

Частка дефектних виробів після корегування буде:

$$q_2 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left[-\frac{(x - (\mu + \Delta v - \Delta v_{kl}))^2}{2\sigma_0^2}\right] dx,$$

або

$$q_2 = 1 - \Phi_0(\delta_0 - \delta_{kl} + \delta) - \Phi(\delta_0 + \delta_{kl} - \delta).$$

$$\text{Тоді} \quad F(t) = \frac{\Phi_0(\delta_0 - \delta_{kl} + \delta) + \Phi(\delta_0 + \delta_{kl} - \delta) - \Phi_0(\delta_0 + \delta) - \Phi(\delta_0 - \delta)}{1 - \Phi_0(\delta_0 + \delta) - \Phi(\delta_0 - \delta)}$$

З використанням останнього виразу побудовано графік (рис 5.2). З графіка видно, що при відхиленнях, менших за $0,5 \cdot \delta_{kl}$, ефективність корегування від'ємна, тобто призводить до погіршення стану технологічної операції і до збільшення частки дефектних виробів. Тому корегування доцільне не при всякому відхиленні рівня налагодженості, а лише більших за $0,5 \cdot \Delta\mu_{kl}$.

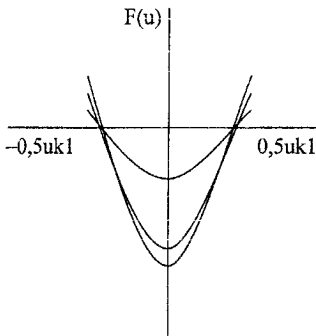


Рисунок 5.2 — Залежність ефективності корегування від частки дефектних виробів

В зв'язку з цим, встановлюються границі регулювання, при виході відхилення за які проводиться корегування. Якщо при контролі статистичний параметр визначається як середнє арифметичне значення, то границі регулювання встановлюються на відстані $0,5 \cdot \Delta\mu_{kl}$ від μ_0 , тому що середнє арифметичне значення — це незміщена оцінка математичного сподівання.

При статистичному регулюванні за середнім арифметичним теж можуть бути випадки, коли корегування буде призводити до збільшення частки дефектних виробів, бо середньому арифметичному властива похибка в оцінці математичного сподівання.

Тому планування контролю потрібно виконувати з урахуванням такої похибки. Для цього використовують оперативну характеристику. В даному випадку це буде ймовірність невиходу середнього арифметичного за межі границь регулювання як функція від значення математичного сподівання:

$$L(\mu) = \frac{1}{\sigma_0} \sqrt{\frac{n}{2\pi}} \int_{x_{гн}}^{x_{гв}} \exp\left[-\frac{(x - \mu_0 - \Delta\mu)^2}{2\sigma_0^2}\right] dx,$$

$$\text{або} \quad L(\delta) = \Phi_0(0,5\sqrt{n}\delta_{kl} + \sqrt{n}\delta) + \Phi_0(0,5\sqrt{n}\delta_{kl} - \sqrt{n}\delta),$$

де $x_{гн}$, $x_{гв}$ — відповідно нижня та верхня границі регулювання. Отримання виразу для оперативної характеристики спирається на властивість середнього арифметичного, яка полягає в тому, що похибка його відповідає нормальному закону розподілу з математичним сподіванням μ_0 і дисперсією σ_0^2/n .

Як і у випадку СПКЯП, запишемо вираз для функції прийняття правильних рішень:

$$\psi(\mu) = \begin{cases} L(\mu) & \text{при } |\mu - \mu_0| \leq 0,5 \cdot \Delta\mu_{kl} \\ 1 - L(\mu) & \text{при } |\mu - \mu_0| > 0,5 \cdot \Delta\mu_{kl} \end{cases}$$

Інтегруючи цю функцію з урахуванням закону розподілу значень рівня налагодженості μ :

$$\varphi(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\mu} \exp\left\{-\frac{(\mu - \mu_0)^2}{2\sigma_\mu^2}\right\},$$

отримаємо показник ефективності плану контролю у вигляді ймовірності прийняття правильних рішень:

$$P_n = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(\mu)\varphi(\mu)d\mu.$$

З використанням цієї рівності розрахована таблиця для визначення об'єму вибірки залежно від встановленого значення P_n , а також залежно від параметрів технологічної операції:

$$\delta_{kl} = \frac{\Delta\mu_{kl}}{\sigma_0}, \quad \gamma = \frac{\Delta\mu_{kl}}{\sigma_\mu},$$

де σ_μ – це середнє квадратичне відхилення значень рівня налагодженості технологічної операції і визначається ця величина, виходячи з правила додавання дисперсій (таблиця А5, додаток А):

$$\sigma_\mu^2 = \sigma^2 - \sigma_0^2.$$

5.6 Планування СРТП з безпосереднім ступінчастим корегуванням за економічним критерієм

Планувати СРТП за критерієм ймовірності прийняття правильних рішень доцільно лише у випадку, коли ще не встановлено економічні показники технологічного процесу, наприклад, при його розробці. Коли уже відомі складові собівартості продукції, то варто виконувати планування з урахуванням економічної ефективності СРТП. Планування за показником не гарантує економічної оптимальності плану.

При економічному плануванні використаємо також функцію ефективності корегування. Нехай в якийсь момент часу відхилення рівня налагодженості виявилось таким, що

$$|\mu - \mu_0| \leq 0,5 \cdot \Delta\mu_{kl}.$$

Тоді корегування виконувати недоцільно, оскільки функція ефективності має від'ємні значення. Однак, через наявність похибки середнього арифметичного як оцінки рівня налагодженості ймовірність проведення корегування не дорівнює нулю і визначається функцією прийняття правильних рішень. Тому рішення про корегування буде неправильним і ймовірність його буде:

$$Q(\mu) = 1 - \psi(\mu) \text{ при } |\mu - \mu_0| \leq 0,5 \cdot \Delta\mu_{kl}.$$

Частка дефектних виробів визначається функцією ефективності корегування і з урахуванням ймовірності корегування для цих умов буде:

$$F'(\mu) = F(\mu)[1 - \psi(\mu)].$$

Аналогічно для випадку $|\mu - \mu_0| > 0,5 \cdot \Delta\mu_{к1}$,

$$F'(\mu) = F(\mu)\psi(\mu) .$$

Для всіх значень відхилень μ з урахуванням закону розподілу значень відхилення рівня налагодженості функція ефективності буде мати вигляд:

$$F_{\text{пер}}(\mu) = \begin{cases} F(\mu)[1 - \psi(\mu)]\phi(\mu) & \text{при } |\mu - \mu_0| \leq 0,5 \cdot \Delta\mu_{к1} \\ F(\mu)\psi(\mu)\phi(\mu) & \text{при } |\mu - \mu_0| > 0,5 \cdot \Delta\mu_{к1} \end{cases} .$$

В даному випадку зручно перейти від застосування функції прийняття правильних рішень до оперативної характеристики.

Сумарну зміну частки дефектних виробів внаслідок корегування можна отримати шляхом інтегрування функції ефективності корегування:

$$\Delta \bar{q} = \bar{q}_1 \int_{-\infty}^{+\infty} F(\mu)[1 - L(\mu)] \cdot \phi(\mu) d\mu ,$$

де \bar{q}_1 – частка дефектних виробів до впровадження СРТП. Через те, що при складанні виразу для функції ефективності корегування використовувались функції прийняття правильних рішень і закони розподілу величини відхилень, то отримана функція ефективності корегування буде й функцією ефективності статистичного регулювання. Тому отримане значення приросту придатних виробів (зменшення частки дефектних виробів) використовується для визначення прибутку від впровадження СРТП, а дослідження виразу для прибутку на максимум дасть оптимальне значення плану контролю.

5.7 СРТП з безпосередньо неперервним за величиною корегуванням

Багато технологічних операцій виробництва ВЕТ корегується плавно, тобто величина корегуючого впливу є неперервною величиною. Через це необхідно розглянути питання планування контролю такого статистичного регулювання. Розглянемо планування контролю, як і у випадку ступінчастого корегування, за критерієм оптимізації у вигляді ймовірності прийняття правильних рішень.

Нехай в якийсь момент часу рівень налагодженої операції μ відрізняється від рівня налагодженої операції μ_0 , що стало наслідком дії відхиляючого систематичного фактора. Величина відхилення буде:

$$\Delta\mu = \mu - \mu_0 .$$

В цей же час в результаті вибіркового контролю отримано середнє арифметичне значення контрольованого параметра \bar{x} . Величина корегуючого впливу буде визначатись за відхиленням вибіркового середнього:

$$\Delta\mu_{к1} = \mu_0 - \bar{x} .$$

Після корегування рівень налагодженості буде мати величину:

$$\mu_k = \mu + \Delta\mu_k = \mu_0 + (\mu - \bar{x}).$$

Рішення про корегування і його величину буде правильним, коли відхилення рівня налагодженості після корегування буде меншим за відхилення до корегування, тобто

$$\Delta\mu > \mu - \bar{x} \quad \text{або} \quad \mu - \mu_0 > \mu - \bar{x}.$$

Тоді функція прийняття правильних рішень буде визначатись ймовірністю цієї умови, тобто

$$\psi(\mu) = P\{\mu - \mu_0 > \mu - \bar{x}\}.$$

Права частина останньої нерівності є похибкою вибіркового середнього як оцінки рівня налагодженості, яка, як відомо, підлягає нормальному закону розподілу з математичним сподіванням μ_0 та дисперсією σ_0^2/n . Тоді

$$\psi(\mu) = 2\Phi_0\left(\frac{|\mu - \mu_0|}{\sigma_0} \sqrt{n}\right).$$

Ймовірність прийняття правильних рішень при проведенні статистичного регулювання визначатиметься за виразом:

$$P_n = 2 \int_0^{+\infty} \psi(\mu) \varphi(\mu) d\mu,$$

де $\varphi(\mu)$ – функція щільності розподілу ймовірності значень рівня налагодженості, яка відповідає нормальному закону з математичним сподіванням μ_0 і дисперсією σ_μ^2 .

За цим виразом розраховані таблиці, що використовуються для встановлення об'єму вибірки залежно від властивостей технологічної операції і встановленого значення P_n (див. таблицю А6, додаток А).

5.8 Планування СРТП з безпосереднім неперервним за величиною корегуванням за економічним критерієм оптимальності

Якщо є можливість економічних розрахунків при плануванні контролю, слід надати перевагу економічним критеріям оптимальності. Найбільш об'єктивним показником ефективності, очевидно, буде прибуток від впровадження статистичного регулювання. Через те, що основним завданням регулювання буде зниження частки дефектних виробів у продукції, що виготовляється, для визначення прибутку необхідно визначити частку дефектних виробів до впровадження статистичного регулювання і частку дефектних виробів після впровадження регулювання. Якщо значення контрольованого параметра виробів відповідає нормальному закону розподілу, то частка дефектних виробів за контрольованим параметром до впровадження СРТП буде:

$$\bar{q}_1 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left\{-\frac{(x-\mu_0)^2}{2\sigma^2}\right\} dx.$$

Через використання середнього арифметичного значення як оцінки рівня налагодженості, яке є незміщеною оцінкою, математичне сподівання після впровадження СРТП не зміниться, а дисперсія зменшиться. Нагадаємо, що дисперсія контрольованого параметра складається з двох доданків:

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 - \sigma_\mu^2,$$

тобто з дисперсії при незмінному значенні рівня налагодженості σ_0^2 і дисперсії рівня налагодженості σ_μ^2 . В результаті статистичного регулювання в ідеальному випадку другий доданок повинен перетворюватись в нуль, але, через похибку вибіркового середнього корегування, яке буде здійснюватись з приведеною похибкою, після корегувань в процесі регулювання дисперсія визначатиметься:

$$\sigma_k^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_0^2}{n} = \frac{n+1}{n} \sigma_0^2.$$

Таким чином частка дефектних виробів після впровадження СРТП буде:

$$\bar{q}_2 = 1 - \frac{\sqrt{n}}{\sigma_0 \sqrt{2\pi(n+1)}} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left\{-\frac{(x-\mu_0)^2 n}{2(n+1)\sigma_0^2}\right\} dx.$$

Але цей вираз буде справедливим лише в ідеальному випадку, коли розлад технологічної операції ліквідується одразу ж після його виникнення. Тому приріст частки придатних виробів в результаті запровадження СРТП визначатиметься за виразом:

$$\Delta \bar{q} = k_t (\bar{q}_1 - \bar{q}_2),$$

де k_t – коефіцієнт, величина якого менша за одиницю і визначається закономірностями виникнення розладів операції і періодичністю контролю.

Величина коефіцієнта k_t буде визначена при розгляді питання про встановлення періодичності контролю. При інтуїтивному виборі періодичності цей коефіцієнт може набути найменшого значення 0,5, тому в цьому пункті застосуємо саме таке значення коефіцієнта.

Знаючи зниження частки дефектних виробів, неважко визначити величину прибутку від впровадження статистичного регулювання з урахуванням витрат на СРТП:

$$E = c_1 N \Delta \bar{q} - c_2 n,$$

де N – кількість придатних виробів, що випускається операцією до впровадження СРТП та період контролю;

c_1 – втрати від браку в розрахунку на один дефектний виріб;

c_2 – витрати на СРТП в розрахунку на один виріб.

При практичних розрахунках слід враховувати складну структуру витрат на статистичне регулювання:

$$c_2 = \frac{c_3}{n} + c_4 + \frac{c_5}{n},$$

де c_3 – витрати на ведення контролю, не пов'язані безпосередньо з контролем виробів і незалежні в об'ємі вибірки;

c_4 – витрати на контроль безпосередньо кожного виробу;

c_5 – витрати на корегування технологічної операції.

Правда, статистичне регулювання з безпосереднім корегуванням характеризується практично відсутністю витрат на корегування, тому в цьому випадку приймається $c_5 = 0$. Як видно з виразів для величини прибутку, він є функцією лише об'єму вибірки. Тому, досліджуючи вираз на максимум, отримаємо оптимальне значення об'єму вибірки за економічним критерієм.

В практиці статистичного регулювання не завжди вдається знехтувати втратами на корегування. При незначній величині або при відсутності таких витрат корегування може проводитись кожного разу за результатами вибіркового контролю. Якщо ці витрати суттєві, то може виявитись, що при невеликих відхиленнях витрат від корегування за зниженням частки дефектних виробів може не перевищувати витрати на корегування, тобто будемо мати не прибуток, а збиток. Через це, доцільно буде введення регулювання: якщо відхилення середнього арифметичного не вийде за границі регулювання, то корегування не виконується. Тому в цьому випадку необхідно визначити оптимальне значення об'єму вибірки і положення границь регулювання.

При наявності границь регулювання частка дефектних виробів після впровадження статистичного регулювання буде визначатись виразом:

$$\bar{q}_{2rp} = k_1 \bar{q}_1 + k_2 \bar{q}_2,$$

де k_1 та k_2 – коефіцієнти, що визначають ймовірність невиходу і виходу вибіркового середнього за границі регулювання, відповідно. Через те, що вихід та невихід середнього арифметичного за границі регулювання складають собою повну групу випадкових подій, тому

$$k_1 + k_2 = 1,$$

або

$$k_2 = 1 - k_1 = k.$$

Частка дефектних виробів після впровадження регулювання може бути записана у вигляді:

$$\bar{q}_{2rp} = \bar{q}_2 + k(\bar{q}_1 - \bar{q}_2).$$

Коефіцієнт k – це ймовірність того, що середнє арифметичне не вийде за границі регулювання і його можна визначити за виразом:

$$k = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\mu}} \int_{X_{гн}}^{X_{гв}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu_0)^2}{2\sigma_\mu^2}\right\} dx,$$

де $X_{гн}$ та $X_{гв}$ – нижня та верхня границі регулювання, відповідно.

Якщо позначити

$$\eta = \frac{X_2 - \mu_0}{\sigma_0} = \frac{\mu_0 - X_1}{\sigma_0}; \quad \chi = \frac{X_2 - \mu_0}{\sigma} = \frac{\mu_0 - X_1}{\sigma};$$

$$\lambda = \frac{X_{гв} - \mu_0}{\sigma_\mu} = \frac{\mu_0 - X_{гн}}{\sigma_\mu}; \quad \Theta = \frac{\sigma}{\sigma_0};$$

то зменшення частки дефектних виробів внаслідок впровадження статичного регулювання можна визначити за виразом:

$$\Delta \bar{q} = \left[\Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\frac{n+1}{n}}}\right) - \Phi_0(\chi) \right] - 2\Phi_0(\lambda) \left[\Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\frac{n+1}{n}}}\right) - \Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\Theta^2 + \frac{1}{n}}}\right) \right].$$

Якщо $\lambda = 0$, тобто границі регулювання відсутні, тоді

$$\Delta \bar{q} = \Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\frac{n+1}{n}}}\right) - \Phi_0(\chi).$$

Це функція однієї змінної – значення об'єму вибірки, і її можна використати для оптимізації плану контролю для випадку регулювання без границь регулювання. Другий доданок – це величина зменшення приросту придатних виробів внаслідок впровадження статистичного регулювання з границями регулювання. Як відзначалось, границі регулювання необхідно встановлювати з умови рівності втрат на корегування і витрат від зменшення приросту придатних виробів при введенні границь регулювання:

$$2\Phi_0(\lambda) \left[\Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\frac{n+1}{n}}}\right) - \Phi_0\left(\frac{\eta}{\sqrt{\Theta^2 + \frac{1}{n}}}\right) \right] \cdot N \cdot c = P_k C,$$

де N – кількість виробів, виготовлених за період між моментами контролю;

c – втрати від дефектності одного виробу;

C – втрати на одне корегування;

P_k – ймовірність корегування.

Легко бачити, що ймовірність корегування визначається за виразом:

$$P_k = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\mu} \int_{x_m}^{x_n} \exp\left\{-\frac{(\mu - \mu_0)^2}{2\sigma_\mu^2}\right\} d\mu = 1 - 2\Phi_0(\lambda).$$

Остаточна умова для визначення положення границь регулювання буде:

$$\left[\frac{1}{2\Phi_0(\lambda)} - 1 \right] \frac{C}{N \cdot c} = \Phi_0 \left(\frac{\eta}{\sqrt{\frac{n+1}{n}}} \right) - \Phi_0 \left(\frac{\eta}{\sqrt{\Theta^2 + \frac{1}{n}}} \right).$$

Це вже рівняння двох змінних. Тому визначення величин n і λ досягається спільним вирішенням системи, що складається з цього рівняння і з загального рівняння величини приросту придатних виробів.

5.9 Статистичне регулювання з усуненням відхиляючого фактора

Не завжди є можливість покращувати стан технологічного процесу шляхом корегування технологічного параметра. Так, при збільшенні частки дефектних виробів за рахунок підвищення запиленості атмосфери в приміщенні цеху покращити стан технологічного процесу неможливо корегуванням технологічних параметрів. Тому в таких випадках основним завданням статистичного регулювання буде виявлення і усунення дії відхиляючого фактора. Причини розладу процесу можуть бути різними, тому після виявлення розладу повинні виконуватись додаткові дослідження із знаходження відхиляючого фактора. На такі дослідження погірбні деякі витрати, тому незначні відхилення не варто усувати, оскільки вигравш від цього може не перевищити витрат на додаткові дослідження. Через це такого типу статистичне регулювання виконують з границями регулювання.

Структура витрат на додаткові дослідження може бути різна і залежатиме від властивостей технологічної операції. Звичайно, дослідження починаються з взяття додаткової вибірки більшого об'єму для уточнення факту розладу. Потім приймається фізична гіпотеза про причину розладу і виконується перевірка гіпотези, іноді гіпотеза перевіряється шляхом усунення передбачуваного фактора з наступним взяттям вибірки для підтвердження правильності гіпотези. Фактична вартість додаткових досліджень визначається конкретно для кожної технологічної операції.

Положення границь регулювання визначається, виходячи з умови рівності витрат на виявлення і усунення відхилень і витрат у вигляді меншення частки придатних виробів через неусунення відхиляючого фактора. Планування контроло у цьому випадку не відрізняється від планування контроло статистичного регулювання з компенсуючим безпосереднім корегуванням. Різниця полягає лише в визначенні частки

дефектних виробів після усунення відхиляючого фактора. Якщо відхиляючий фактор усунено, то рівень налагодженості повертається до номінального рівня:

$$\mu = \mu_0$$

тоді

$$\bar{q}_2 = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_c} \int_{x_1}^{x_2} \exp\left\{-\frac{(x - \mu_0)^2}{2\sigma_0^2}\right\} dx.$$

У виразі для прибутку замість витрат на корегування необхідно поставити виграти на пошук і усунення причин розладу.

При неможливості економічних розрахунків граничне значення відхилення рівня налагодженості, після якого доцільне проведення робіт із відшукування і усунення причин розладу, вибирається, як правило, експертним методом. Через використання незміщеної оцінки рівня налагодженості при контролі (найчастіше середнє арифметичне) границі регулювання встановлюються на рівні граничного відхилення. Об'єм вибірки визначається за встановленою ймовірністю прийняття правильних рішень аналогічно з плануванням статистичного регулювання з ступінчастим безпосереднім корегуванням.

5.10 СРТП з контролем за якісною ознакою

В деяких випадках при виконанні технологічних операцій оцінка якості виготовленої продукції виконується лише за якісною ознакою. Це, насамперед, візуальна оцінка: якість фарбування, зовнішній вигляд виробів тощо. В таких випадках доводиться вести СРТП з застосуванням контролю за якісною ознакою. Очевидно, що безпосереднє корегування застосувати не вдасться. Експертним методом встановлюється граничне значення частки дефектних виробів у виготовленій продукції, при перевищенні якого доцільне проведення робіт із виявлення і усунення розладу. Планування контролю не відрізняється від планування контролю СПКЯП за альтернативною ознакою, якщо вироби вибірки в результаті контролю поділяються на придатні і дефектні. Границя регулювання при статистичному регулюванні буде відповідати приймальному числу при приймальному контролі.

Недоліком статистичного регулювання при контролі за якісною ознакою, як і приймального контролю, є необхідність взяття вибірок великого об'єму. При статистичному регулюванні є можливість значно зменшити об'єм вибірки шляхом застосування методу контролю за жорсткими вимогами. Суть методу полягає в такому. Звичайно, контроль за якісною ознакою полягає у візуальному порівнянні виробів з затвердженими зразками, що мають гранично допустимі дефекти. Для цілей СРТП встановлюються нові зразки з менш значними дефектами. Як правило, таких дефектів спостерігається набагато більше при тій самій якості продукції, тому допустима частка виробів з такими дефектами повинна бути теж більшою, а це дає можливість значно зменшити об'єм вибірки.

Планування контролю при застосуванні методу жорстких вимог необхідно розпочинати з встановлення граничного значення частки виробів, що мають дефекти за жорсткими вимогами залежно від встановленого граничного значення частки дефектних виробів за нормальними вимогами. Для цього необхідно провести кореляційний аналіз залежності між цими двома величинами. Через те, що питання статистичного аналізу виходить за рамки курсу, розглянемо, як приклад, спрощений аналіз в графічному вигляді.

Для проведення спрощеного аналізу необхідно проконтролювати якість продукції у вигляді партій, що скомплектовані згідно з вимогами до партій при приймальному контролі. Партії повинні мати об'єм 500 – 800 шт., кількість проконтрольованих партій 10 – 20. Партії слід формувати в періоди різного стану технологічного процесу: як в періоди високої якості виготовленої продукції, так і під час так званих "спалахів" браку, коли технологічний процес зазнає розладів. Як результат контролю від кожної з партій визначають частку дефектних виробів за нормальними вимогами q_1 та частку виробів, що не задовольняють жорсткі вимоги q_2 . При цьому потрібно пам'ятати, що дефектні вироби включаються в склад виробів, які не відповідають жорстким вимогам. Результати контролю відкладаються на графіку у вигляді точки на площині прямокутних координат ($q_1; q_2$) (рис. 5.3).

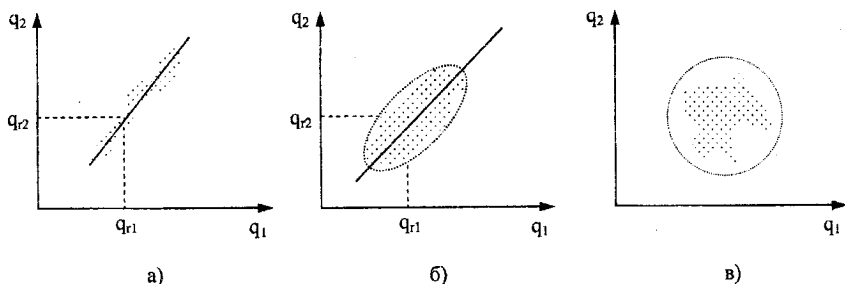


Рисунок 5.3 – Можливі варіанти кореляційного зв'язку: а – сильний зв'язок, б – суттєвий зв'язок, в – зв'язок відсутній

Звичайно таким чином нанесені точки вкладаються в область, окреслену еліпсом. Чим більша різниця між осями еліпса, тим сильніший зв'язок між величинами q_1 і q_2 . Слід відмітити, що у розглянутому випадку кореляційний зв'язок повинен бути або сильним, або досить суттєвим. Якщо це не спостерігається, то ступінь жорсткості вибрана досить великою і її необхідно зменшити. Щоб аналіз у цьому випадку не повторювати, контроль необхідно зразу ж проводити за кількома ступенями жорсткості і вибрати таку з них, при якій залежність проявляється в помірно витягнутому еліпсі.

Велику вісь еліпса слід вважати лінією залежності дефектів за жорсткими умовами від кількості дефектів за нормальними вимогами. Ця залежність використовується для визначення граничного значення частки дефектних виробів за жорсткими вимогами за значенням цієї величини при нормальних вимогах. Далі планування контролю не відрізняється від планування СПКЯП за альтернативною ознакою.

5.11 СРТП з двома границями регулювання

СРТП з двома границями регулювання відноситься до адаптивних методів і застосовується у випадку регулювання шляхом усунення відхиляючого фактора. Ідея методу полягає в такому. Нехай виконується статистичне регулювання шляхом усунення відхиляючого фактора з застосуванням границь регулювання, тобто дії з пошуку та усунення відхиляючого фактора починаються тільки після виходу середнього арифметичного за межі границь регулювання. Коли середнє арифметичне виходить за границю регулювання на невелику відстань, то ймовірність суттєвого розладу процесу невелика, а ймовірність відсутності розладу або несуттєвого розладу має суттєву величину. З іншого боку, якщо середнє арифметичне не вийшло за границю, але розташоване близько від неї, то ймовірність того, що процес розлагодився, досить велика. З урахуванням цього запропоновано метод регулювання з двома границями (рис. 5.4).

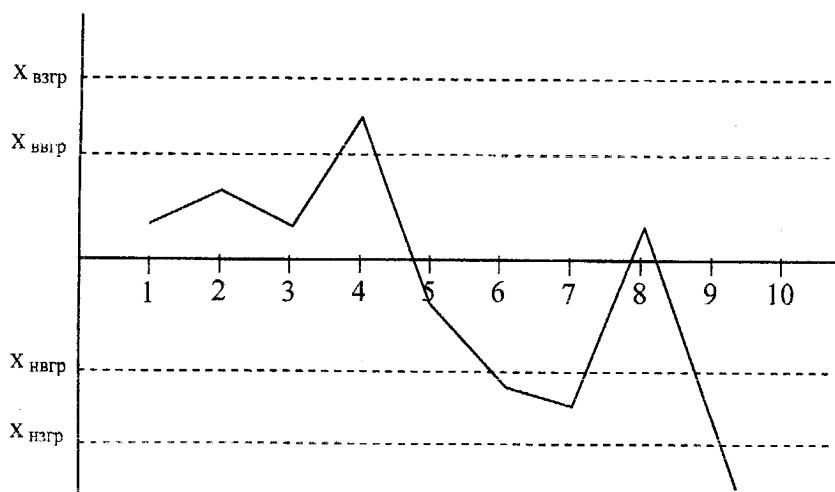


Рисунок 5.4 – СРТП з двома границями регулювання

Якщо середнє арифметичне не виходить за внутрішні границі $X_{нвгр}$, $X_{ввгр}$, то вважається, що технологічний процес не розлагодився і він може

продовжуватись (вибірки 1, 2, 3). Якщо середнє арифметичне виходить за внутрішні границі, але не виходить за зовнішні $X_{нзгр}$, $X_{взгр}$, то теж вважається, що технологічний процес не розлагодився і може продовжуватись (вибірка 4 на рисунку). Якщо кілька разів підряд (найчастіше встановлюють 2 рази підряд) середнє арифметичне потрапляє в проміжок між зовнішніми границями, то ймовірність розладу велика і розпочинають пошук і усунення відхиляючого фактора (вибірки 6, 7). Якщо середнє арифметичне виходить за зовнішні границі регулювання (вибірка 9), то ймовірність розладу велика і розпочинають роботи із пошуку і усунення дії відхиляючого фактора.

Як приклад планування такого контролю статистичного регулювання розглянемо випадок контролю за альтернативною ознакою. Як легко переконатись, контроль при статистичному регулюванні із двома границями перетворюється в контроль, аналогічний двоступінчастому контролю якості продукції. Очевидно, планування контролю тут повністю збігається, як і у випадку із попереднього пункту. Але статистичне регулювання з двома границями не набуло широкого поширення. Справа в тому, що таке регулювання доцільне лише у випадку неможливості взяття вибірки необхідного об'єму і частіше встановленої періодичності. Краще було б при підозрі розладу (при попаданні середнього арифметичного в проміжок між внутрішніми і зовнішніми границями) зразу взяти ще одну вибірку, а не чекати настання часу взяття наступної вибірки. Але це вже буде не адаптивний, а двоступінчастий контроль. Слід також брати до уваги, що витрати на контроль складаються не тільки з витрат на вимірювання параметрів вибірки, а також з витрат, незалежних від об'єму вибірки, тому часто доцільно брати такий об'єм вибірки, щоб було можливо з достатньою точністю виявити розлад процесу.

5.12 СРТП методом кумулятивних сум

Метод кумулятивних сум також відноситься до адаптивних методів. Ідея методу основана на принципі послідовного аналізу Вальда, використаному для планування послідовного контролю, що полягає в прийнятті за кожною з вибірок одного з трьох рішень: прийняти продукцію, відхилити її чи взяти наступну вибірку. Цей підхід застосовано також і для контролю СРТП.

СРТП методом кумулятивних сум полягає у визначенні за кожною вибіркою величини відхилення середнього арифметичного \bar{x} від середини поля допуску X_0

$$\Delta \bar{X}_i = \bar{X}_i - X_0.$$

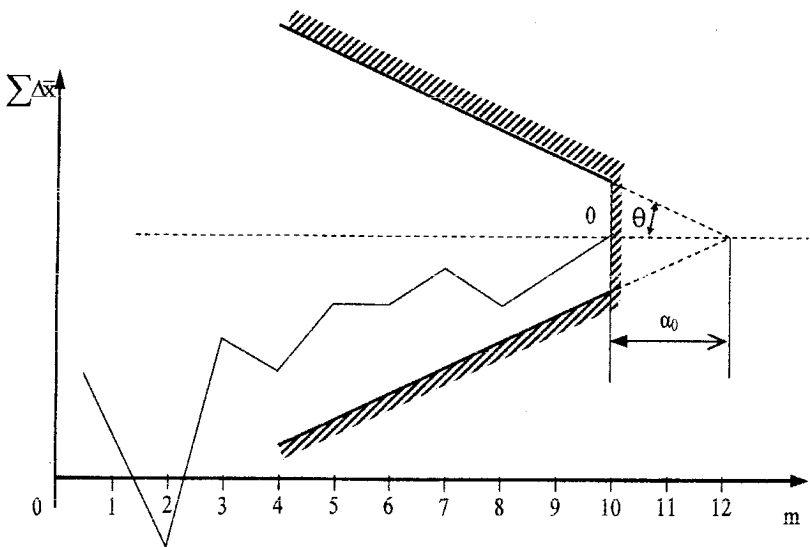


Рисунок 5.5 – Планування контролю СРТП методом кумулятивних сум

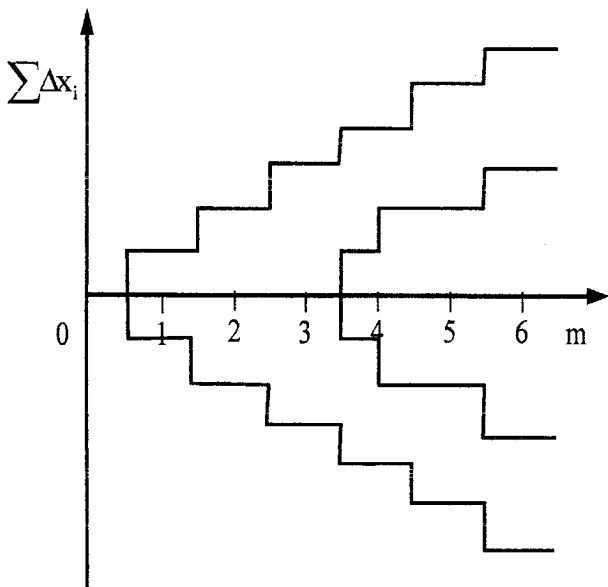


Рисунок 5.6 – Діаграми відхилень з границями регулювання за методом "карта Шейніна"

Ці відхилення підсумовуються і значення суми відкладають на графіку (див. рис. 5.5). До останньої точки на графіку прикладається У-подібний шаблон. Якщо хоча б одна точка на графіку вийде за границі шаблону, то вважається, що процес розладнений, якщо ж жодна з точок за межі шаблону не виходить, то накопичування результатів продовжується. Ідея методу полягає у відомому принципі накопичення систематичної похибки. Планування контролю СРТП методом кумулятивних сум полягає в визначенні параметрів У-подібного шаблону:

$$\Theta^0 = \arctg \frac{\delta_r}{2}, \quad \alpha_0 = -\frac{2}{\delta_r} \ln \alpha,$$

де δ_r – нормоване за σ_0 значення допустимого відхилення рівня налагодженості технологічного процесу,

α – ймовірність отримання сигналу про розлад технологічного процесу при відсутності розладу (звичайно приймається в межах від 0,01 до 0,05).

При відсутності розладу сума відхилень прямує до нуля, а при розладі процесу спостерігається певна тенденція відхилення суми. Недоліки методу кумулятивних сум такі ж, як і методу з двома границями регулювання. Недоліки загострюються тим, що практично розлади можуть бути виявленими лише через кілька (більше двох) періодів взяття вибірок, і весь цей час процес буде знаходитись в стані розладу. Тому метод варто застосовувати у випадку неможливості взяття вибірки необхідного об'єму або при високій трудомісткості контролю параметрів виготовлюваних виробів. В останньому випадку хороші результати дає модифікація методу під назвою “карта Шейніна”. Перша відміна модифікації полягає в тому, що визначається відхилення не середнього арифметичного, а кожного значення контрольованого параметра, тобто об'єм вибірки дорівнює одиниці. Друга відмінність полягає у відмові від У-подібного шаблону, а використанні діаграми з своєрідними границями регулювання (див. рис. 5.6).

Діаграма має три зони: зона невизначеності, зона розладу і зона налагодженості. Якщо результат потрапив в зону невизначеності, то контроль і визначення суми відхилень продовжується. Якщо результат попав в зону розладу, то процес корегується, а коли результат опиняється в зоні налагодженості, то контроль припиняється. Метод Шейніна – це вже не адаптивний метод СРТП, а СРТП зі звичайним контролем зі зменшенням вибірки в процесі вимірювання параметрів виробів.

5.13 Визначення періодичності контролю при СРТП

Різні технологічні процеси мають різну схильність до розладів: одні з них часто розлагоджуються, а інші довше зберігають стан налагодженості. І від цього, очевидно, залежить встановлення оптимальної періодичності контролю. Момент виникнення розладу – це випадкове явище, а послідовність розладів – це випадковий процес. Тому при плануванні

періодичності контролю необхідно враховувати закономірності випадкових процесів. Найпростіший з них так і називають – найпростіший потік випадкових подій або стаціонарний пуассонівський потік. Цей потік має такі властивості:

1. Властивість стаціонарності полягає в залежності ймовірності кількості розладів від довжини відрізка часу спостереження і незалежності цієї ймовірності від розташування цього відрізка на осі часу;

2. Поток без післядії називають таким потік, при якому ймовірність виникнення розладу в одному з відрізків часу не залежить від кількості виникнення розладів у другому відрізку часу, що не перекривається з першим;

3. Потік називають ординарним, якщо знайдеться відрізок часу такої довжини, що ймовірність виникнення двох або більше розладів протягом його зникає мала порівняно з ймовірністю виникнення одного розладу.

Якщо ці властивості мають місце, то ймовірність виникнення m розладів на відріжку часу довжиною τ визначається законом розподілу Пуассона:

$$P_{\tau}(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} e^{-\lambda\tau},$$

де λ – щільність потоку або середнє значення кількості розладів за одиницю часу. Параметром закону буде також середнє значення періодичності виникнення розладів:

$$\tau_p = \frac{1}{\lambda}.$$

Визначити періодичність контролю при СРТП можна з використанням цих властивостей найпростішого потоку випадкових подій, але для цього необхідно встановити критерій оптимальності періодичності. Розглянемо критерій, аналогічний умові ординарності потоку, тобто періодичність повинна бути такою, щоб ймовірність виникнення за період контролю більше одного розладу була зникає малаю. Ця умова викликана великими ускладненнями, що з'являються, коли за період контролю виникає більше одного розладу.

Встановимо ймовірність більше одного розладу p_{τ} за період контролю τ_k .

$$\text{Тоді:} \quad p_{\tau} = 1 - e^{-\lambda\tau_k} - \lambda\tau_k e^{-\lambda\tau_k}.$$

З цього виразу неважко визначити періодичність контролю τ_k .

Важливим показником ефективності статистичного регулювання з точки зору встановлення періодичності контролю буде середнє значення часу, впродовж якого технологічний процес буде знаходитись в налагодженому стані, точніше, відношення цього часу до часу функціонування технологічного процесу. Будемо вимірювати час періодами між моментами контролю. Час, коли процес знаходиться в налагодженому стані, скла-

дається з періодів, протягом яких не діяли відхиляючі фактори, і частини періодів, протягом яких виникали розлади, тобто

$$T_{\text{нал}} = MP_0\tau_k + 0,5M(1-P_0)\tau_k = 0,5M\tau_k(1+P_0),$$

де M – кількість періодів, протягом яких спостерігався технологічний процес,

P_0 – ймовірність того, що протягом τ_k не виникне розлад процесу.

При складанні цієї рівності приймається наближення, що за період τ_k може виникнути розлад не більше, як з причини одного відхиляючого фактора, тобто потік розладів відносно періодичності контролю буде ординарним. Коефіцієнт 0,5 означає, що в середньому розлад виникає посередині відрізка τ_k , що витікає з властивості потоку без післядії. Легко показати, що момент виникнення розладу в цьому випадку відповідає рівномірному закону розподілу. Визначимо коефіцієнт, що показує відносний час, коли процес знаходиться в налагодженому стані.

$$K_{\tau} = \frac{T_{\text{нал}}}{T_{\text{заг}}} = \frac{0,5M\tau_k(1+P_0)}{M\tau_k} = 0,5(1+e^{-\lambda\tau_k})$$

Значення цього коефіцієнта теж може бути вихідним для вибору періодичності контролю. Якщо планування виконується за економічним критерієм оптимальності (див. п. 2.8.), то використовується саме цей коефіцієнт. Слід лише мати на увазі, що величина кількості виготовлених виробів за період контролю N теж залежить від періодичності контролю:

$$N = N_t\tau_k,$$

де N_t – продуктивність технологічного процесу в шт./год. Проаналізуємо значення коефіцієнта k_{τ} та ймовірності p_{τ} .

Таблиця 5.1

τ_k	0,1/λ	0,15/λ	0,20/λ	0,25/λ	0,30/λ	0,35/λ	0,40/λ	0,45/λ
p_k	0,005	0,010	0,017	0,026	0,037	0,049	0,061	0,075
k_{τ}	0,952	0,930	0,909	0,889	0,870	0,852	0,835	0,818

Таблиця 5.1 показує, що при визначенні періодичності більше ніж 0,4 від середньої, виникнення розладів призводить до зниження ординарності, що вимагає інших підходів до планування контролю.

Контрольні питання

1. Регулювання технологічного процесу. Основні шляхи здійснення регулювання.
2. Математична модель технологічного процесу і її застосування для регулювання.
3. Принципи статистичного регулювання технологічного процесу.
4. Процедура статистичного регулювання.
5. План контролю при статистичному регулюванні.
6. Попередній статистичний аналіз технологічного процесу.
7. Поопераційне регулювання.
8. Методи статистичного регулювання.
9. Властивості статистичного регулювання операцій зі ступінчастим корегуванням.
10. Планування статистичного контролю при статистичному регулюванні операцій зі ступінчастим корегуванням за критерієм ймовірності прийняття правильних рішень.
11. Планування статистичного контролю при статистичному регулюванні операцій зі ступінчастим корегуванням за економічним критерієм оптимальності.
12. Планування статистичного контролю при статистичному регулюванні операцій з неперервним за величиною корегуванням за критерієм ймовірності прийняття правильних рішень.
13. Планування статистичного контролю при статистичному регулюванні операцій з неперервним за величиною корегуванням за економічним критерієм оптимальності.
14. Статистичне регулювання з усуненням відхиляючого фактора.
15. Статистичне регулювання технологічних операцій з контролем за якісною ознакою.
16. Планування статистичного регулювання технологічних операцій з контролем за якісною ознакою.
17. Статистичне регулювання технологічних операцій за методом з двома границями корегування.
18. Метод кумулятивних сум.
19. Метод "карта Шейніна".
20. Визначення періодичності контролю при статистичному регулюванні.

6 ОСНОВИ ТЕОРІЇ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

6.1 Основні поняття

Стандартизація, за означенням академіка М. М. Семенова, – це наука про форми найбільш ефективної організації виробництва, а також споживання його продуктів. Вона об'єднує воедино такі основні напрями як економіка, технологія і фундаментальна наука.

Правові та організаційні засади стандартизації в Україні встановлює Закон України “Про стандартизацію”, прийнятий Верховною Радою і підписаний Президентом України 17 травня 2001 року.

Закон регулює відносини, пов'язані з діяльністю у сфері стандартизації та застосуванням її результатів, і поширюється на суб'єкти господарювання незалежно від форми власності та видів діяльності, органи державної влади, а також на відповідні громадські організації.

Стандартизація – це встановлення і застосування правил з метою впорядкування діяльності в певній області на користь і за участю всіх зацікавлених сторін і, зокрема, для досягнення загальної оптимальної економії при дотриманні умов експлуатації (використання) продукції і вимог безпеки. Це означення гармонізоване з відповідним означенням міжнародного документа із стандартизації – Керівництва ISO/МЕК. За формою проведення стандартизація може бути національною, регіональною і міжнародною.

Основні аспекти стандартизації як цілеспрямованої діяльності суспільства: технічна і економічна ефективність; якість і безпека продукції.

Основними об'єктами стандартизації є, головним чином, елементи матеріального виробництва (засоби, технологія і організація виробництва), а також елементи нематеріальної сфери (терміни, символи, величини, системи документації, норми техніки безпеки тощо).

Міжнародна стандартизація – стандартизація, що проводиться на міжнародному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів усіх країн.

Регіональна стандартизація – стандартизація, що проводиться на відповідному регіональному рівні та участь у якій відкрита для відповідних органів країн певного географічного та економічного простору.

Національна стандартизація – стандартизація, що проводиться на рівні однієї країни.

Орган стандартизації – орган, що займається стандартизацією, визнаний на національному, регіональному чи міжнародному рівні, основними функціями якого є розроблення, схвалення чи затвердження стандартів.

Нормативний документ (НД) – документ, який установлює правила, загальні принципи чи характеристики різних видів діяльності або їх результатів. Цей термін охоплює такі поняття як “стандарт”, “кодекс ustalеної практики” та “технічні умови”.

Консенсус – загальна згода, яка характеризується відсутністю серйозних заперечень з суттєвих питань у більшості заінтересованих сторін та досягається в результаті процедури, спрямованої на врахування думки всіх сторін та зближення розбіжних точок зору.

Стандарт – документ, що встановлює для загального і багаторазового застосування правила, загальні принципи або характеристики, які стосуються діяльності чи її результатів, з метою досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній галузі, розроблений у встановленому порядку на основі консенсусу.

Міжнародний та регіональний стандарти – стандарти, прийняті відповідно міжнародним та регіональним органом стандартизації.

Національні стандарти – державні стандарти України, прийняті центральним органом виконавчої влади у сфері стандартизації та доступні для широкого кола користувачів.

Кодекс ustalеної практики (звід правил) – документ, що містить практичні правила чи процедури проектування, виготовлення, монтажу, технічного обслуговування, експлуатації обладнання, конструкцій чи виробів. Кодекс ustalеної практики може бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

Технічні умови – документ, що встановлює технічні вимоги, яким повинні відповідати продукція, процеси чи послуги. Технічні умови можуть бути стандартом, частиною стандарту або окремим документом.

Технічний регламент – нормативно-правовий акт, прийнятий органом державної влади, що встановлює технічні вимоги до продукції, процесів чи послуг безпосередньо або через посилання на стандарти чи відтворює їх зміст.

Технічна документація на продукцію – сукупність документів, яка необхідна і достатня для безпосереднього використання на кожній стадії життєвого циклу продукції. До неї належить конструкторська, технічна та проектна документація. Технічну документацію поділяють на вихідну, робочу та інформаційну.

Конструкторська документація – сукупність конструкторських документів, які залежно від їх призначення містять дані, що потрібні для розробки, виготовлення, контролю, приймання, постачання, експлуатації та ремонту виробу. Порядок розробки, оформлення та передачі конструкторської документації в різні інстанції встановлено комплексом стандартів Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

Технологічна документація – сукупність технологічних документів, які визначають технологічний процес. Порядок розробки, оформлення та

обертання технологічної документації на вироби базується на конструкторській документації, обумовленій комплексом стандартів. Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД).

Технологічність продукції – властивість продукції, що характеризує її якість та пристосування до виробництва у потрібному обсязі. Показниками технологічності продукції можуть бути, наприклад, енергоємність, матеріалоемність, тривалість виробничого циклу, собівартість, трудомісткість.

Науково-технічна документація – сукупність конкретних технічних вимог (правил), законодавчих положень про захист життя і здоров'я людини, охорону навколишнього середовища, забезпечення прав споживача, а також встановлення порядку нагляду за виконанням цих вимог. Останні повинні враховувати соціально-економічні умови та досягнутий рівень науково-технічного розвитку виробництва.

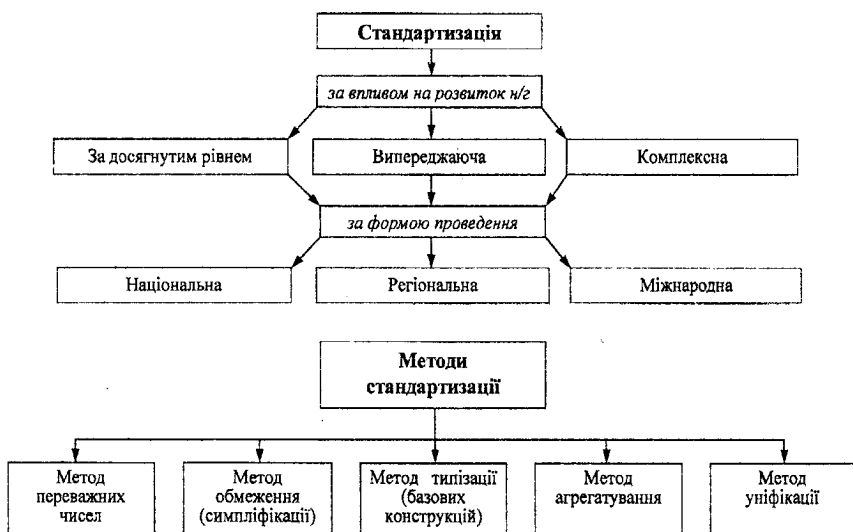


Рисунок 6.1 – Класифікація видів і методів стандартизації

6.2 Цілі і завдання стандартизації

Стандартизація як цілеспрямована діяльність суспільства має за мету досягнення таких основних цілей:

- прискорення технічного прогресу, підвищення ефективності суспільного виробництва і продуктивності праці (зокрема інженерної і управлінської);
- поліпшення якості продукції і забезпечення її оптимального рівня, встановлення раціональної номенклатури продукції, що випускається;
- розвиток спеціалізації в області проектування і виробництва

продукції;

– економію матеріальних і трудових ресурсів, забезпечення охорони здоров'я населення і безпеки праці;

– розвиток міжнародного економічного, технічного і культурного співробітництва, створення умов для розвитку експорту товарів, що відповідають вимогам світового ринку.

Для досягнення поставлених цілей в області стандартизації необхідно вирішити такі основні завдання:

– встановлення вимог до якості готової продукції на основі стандартизації її якісних характеристик, а також характеристик сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів;

– розробки і встановлення єдиної системи показників якості продукції, методів і засобів контролю і випробувань, а також необхідного рівня надійності виробів з урахуванням їх призначення і умов експлуатації;

– встановлення норм, вимог і методів в області проектування і виробництва з метою забезпечення оптимальної якості і виключення нерационального різноманіття видів, марок і типорозмірів продукції;

– розвиток уніфікації промислової продукції як найважливішої умови спеціалізації виробництва, комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів, підвищення рівня взаємозамінюваності, ефективності експлуатації і ремонту виробів;

– забезпечення єдності і достовірності вимірювань в країні, створення державних еталонів одиниць фізичних величин і вдосконалення методів і засобів вимірювань вищої точності;

– встановлення єдиних систем документації, зокрема уніфікованих, використовуваних в автоматизованих системах управління, встановлення систем класифікації і кодування техніко-економічної інформації;

– встановлення систем стандартів в області забезпечення безпеки праці, охорони природи і поліпшення використання природних ресурсів.

За подальшим впливом на розвиток народного господарства розрізняють стандартизацію за досягнутим рівнем, що випереджає стандартизацію і комплексну стандартизацію.

Стандартизація за досягнутим рівнем встановлює показники, що відображають властивості існуючої і освоєної у виробництві продукції (фіксує досягнутий рівень виробництва). Такий підхід використовується при стандартизації показників якості продукції масового виробництва міжгалузевого застосування (наприклад, радіокомпоненти, кріпильні вироби, деякі види сировини і ін.)

Випереджаюча стандартизація встановлює підвищені вимоги відносно рівня норм і вимог, що вже існує на практиці, до об'єктів стандартизації, які згідно з прогнозом будуть оптимальними в подальший час. Випереджаючі стандарти – найбільш прогресивна форма стандартів. Вони, як правило, встановлюють декілька ступенів якості і терміни їх

впровадження в дію. Перший ступінь – що діє – є обов'язковим і діє на правах Державного стандарту. Подальші ступені є перспективними для впровадження і вводяться після припинення дії попереднього ступеня. Кількісні показники, регламентовані стандартом, можуть при цьому уточнюватися.

Комплексна стандартизація здійснює цілеспрямоване і планомірне встановлення і застосування вимог як до самого об'єкта комплексної стандартизації в цілому, так і до його основних елементів. Вона покликана забезпечувати розробку і впровадження комплексів взаємопов'язаних і узгоджених стандартів до об'єктів стандартизації: виробів, їх складових частин, сировини, матеріалів, купованих виробів, технології виготовлення, упаковки, транспортування і зберігання, експлуатації і ремонту. Окрім норм і вимог до матеріальних об'єктів комплексна стандартизація охоплює також загальнотехнічні норми, системи документації, норми техніки безпеки і тому подібне.

6.3 Методи стандартизації

Основними методами стандартизації є: метод переважних чисел, метод обмеження, типізації, агрегування і уніфікації. У радіоелектроніці як галузі народного господарства, що відрізняється великим різноманіттям і номенклатурою комплектуючих виробів і використовуваних матеріалів, знаходять широке застосування всі ці методи.

Метод переважних чисел є теоретичною базою сучасної стандартизації, де оцінки ознак об'єктів, отримані на основі встановлюваної експертом переваги одного об'єкта перед іншим, з погляду міри якості, що вивчається, виражаються у вигляді чисел натурального ряду (рангів), присвоєних окремим об'єктам. Згідно з цим методом встановлюють декілька рядів значень параметрів, що стандартизуються, з тим, щоб при їх виборі перший ряд перевагував над другим, другий – над третім і так далі.

Ряди переважних чисел використовуються для вибору типорозмірів деталей і типових з'єднань, рядів допусків, посадок і інших параметрів, які стандартизують одночасно для багатьох галузей промисловості. Найширше використовуються ряди переважних чисел, побудовані за геометричною прогресією. Найбільш зручними є геометричні прогресії, що включають число 1 і мають знаменник $A_n = \sqrt[n]{10}$.

ГОСТ 8032-84 відповідно до рекомендацій Міжнародної організації по стандартизації (ISO) встановлює чотири основні ряди переважних чисел R5; R10; R20; R40 і два додаткових R80; R160. Для ряду R5, наприклад, знаменник прогресії $A_5 = \sqrt[5]{10}$.

Переважні числа і їх ряди використовуються в машинобудуванні при призначенні класів точності, лінійних розмірів, кутів, радіусів, канавок і

тому подібне, а також для впорядкування вибору величин і градацій параметрів виробничих процесів, устаткування, пристосувань і тому подібне З цією метою розробляються стандарти на параметричні, типорозмірні і конструктивні ряди цих виробів.

У радіоелектроніці відповідно до рекомендацій Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) використовуються переважні числа, побудовані по рядах Е. Так номінальні значення опору резисторів відповідно до ГОСТ 2825 – 67 і значення ємності конденсаторів встановлюються по рядах Е3; Е6; Е12 і Е24 – основні ряди, і Е48, Е96, Е192 – додаткові ряди. Цифра після букви Е указує число номінальних значень в кожному десятковому інтервалі. Ряд Е3, наприклад, в кожному десятковому інтервалі має номінальні опори, відповідні числам: 1,0; 2,2; 4,7 і числам, отримуваним множенням або діленням цих чисел на $10n$, де n – ціле позитивне або негативне число.

Метод симпліфікації (обмеження) полягає у відборі і раціональному правовому обмеженні номенклатури об'єктів, дозволених для застосування в даній галузі, на даному підприємстві або якому-небудь іншому об'єкті (виробі). Проведення обмеження можливе на будь-якому рівні. Державні стандарти можуть бути обмежені галузевими, а останні – стандартами підприємства.

Основними напрямками робіт із раціонального обмеження в радіоелектроніці є:

- обмеження номенклатури купувальних комплектуючих виробів, дозволених для застосування на підприємствах даної галузі (наприклад, перелік радіодеталей і електрорадіоелементів, дозволених для застосування при розробці радіоелектронної апаратури);

- обмеження номенклатури дозволених для застосування матеріалів і напівфабрикатів для даної галузі;

- обмеження видів використовуваних технологічних процесів (наприклад, обмежувальний стандарт “Плати друковані. Технологія”);

- діаметрів різьб, допусків, посадок і тому подібне (наприклад, “Перелік діаметрів і кроків метричних різьб, дозволених до застосування на підприємствах галузі обчислювальної техніки; нормальні лінійні розміри”);

- обмеження номіналів електричних, фізичних і інших основних параметрів виробів – параметричні обмеження (наприклад, “Ряд номінальних значень напруги і струмів для радіоелектронної апаратури”);

- обмеження номенклатури комплектуючих виробів і матеріалів для конкретних видів виробів (наприклад, “Побутова апаратура магнітного запису. Перелік електрорадіоелементів, дозволених до застосування”).

Метод симпліфікації (обмеження) є простим методом стандартизації, але має велику техніко-економічну ефективність. Раціональне обмеження підвищує ступінь уніфікації, скорочує номенклатуру комплектуючих

виробів, тим самим підвищуючи ефективність виробництва. Зменшення номенклатури і кількості запасних частин і приладдя знижує вартість і полегшує експлуатацію виробів.

Метод типізації (або метод базових конструкцій) полягає в раціональному скороченні видів об'єктів шляхом встановлення деяких типових, таких, що виконують більшість функцій об'єктів даної сукупності і що приймаються за основу (базу) для створення інших об'єктів, аналогічних або близьких за функціональним призначенням. Метод забезпечує збереженість тільки окремих об'єктів з можливої сукупності найбільш характерних і оптимальних. Застосування методу в електронній техніці безпосередньо пов'язане з уніфікацією і подальшою стандартизацією (наприклад, корпуси напівпровідникових приладів і інтегральних схем і тому подібне). У радіоелектроніці метод типізації набув поширення і при створенні різних приладів на основі базових конструкцій. Наприклад, створені базові моделі радіомовних приймачів і телевізорів, а потім різні їх види.

Метод агрегативання полягає в створенні об'єктів приватного функціонального призначення на основі розмірної або функціональної взаємозамінюваності їх складових частин. Ознаками агрегативання є: функціональна закінченість складових частин; конструктивна оборотність (можливість повторного використання складових частин-агрегатів); зміна функціональних властивостей виробу при перестановці складових частин.

Агрегативання різко знижує трудомісткість проектування нових виробів, процес розробки зводиться до компоновки і відпрацювання виробу в цілому. Агрегативання забезпечує сприятливіші умови для ремонту виробу шляхом заміни окремих частин (агрегатний ремонт). Агрегативання знаходить широке застосування при створенні багатьох пристроїв різного призначення на основі використання ряду складових частин з визначеними, суворо нормованими, приєднувальними параметрами. У радіоелектроніці метод агрегативання знайшов широке застосування при проектуванні апаратури функціонально-вузловим методом з модулів, мікромодулів, мікросхем і інших уніфікованих функціональних вузлів.

Метод уніфікації полягає в раціональному скороченні існуючої номенклатури об'єктів шляхом їх відбору або створення нових об'єктів широкого застосування, що виконують більшість функцій об'єктів даної сукупності, але що не виключають використання інших об'єктів аналогічного призначення. Уніфікація як метод стандартизації має такі ознаки:

- однотипність в конструктивному оформленні виробів;
- функціональна закінченість виробів;
- підпорядкування основних параметрів виробів загальним вимогам або підпорядкування основних параметрів ряду виробів певному закону;

– можливість використання уніфікованого виробу у складі різних пристроїв різного функціонального призначення.

Уніфікація може бути частковою, загальною (комплексною) і випереджаючою.

Часткова уніфікація – уніфікація виробів раніше створених на основі спільності їх розмірних і параметричних характеристик. При цьому використовується лише частина виробів з їх можливих варіантів.

Комплексна уніфікація – уніфікація, що проводиться серед всіх виробів тотожного функціонального призначення та замінос їх одним або декількома виробами – уніфікованим рядом.

Випереджаюча уніфікація – проведення спеціальних робіт із створення уніфікованих виробів, що забезпечують виконання переважної більшості функцій виробів цього класу і виключає створення виробів аналогічного призначення.

Метод уніфікації – найпоширеніший метод стандартизації.

Таким чином, якщо агрегування – створення об'єктів (агрегатів) приватного функціонального призначення, то метод уніфікації направлений на створення об'єктів широкого призначення на базі оригінальних складових або об'єктів з приватними функціями. Техніко-економічна ефективність методів агрегування і уніфікації обумовлена тим, що різко зростає серійність виробів, якість їх відпрацювання і надійність. Підвищення серійності виробництва уніфікованих виробів дозволяє застосовувати продуктивніше устаткування, прогресивну технологію і раціональну організацію виробництва, що забезпечує різке зниження витрат на виготовлення.

Загальні ознаки методів стандартизації:

– всі методи стандартизації ведуть до скорочення номенклатури об'єктів;

– до одних і тих самих об'єктів може бути застосований кожен метод диференційовано або в будь-якій сукупності;

– стандартизація приводить до одного або до найменшої кількості видів об'єктів (уніфікованого ряду), але завжди кращої якості.

6.4 Стандарт. Категорії і види стандартів

Стандарт – нормативно-технічний документ, що регламентує норми, правила, вимоги, поняття, позначення і інші об'єкти стандартизації, затверджений і вживаний в порядку, встановленому методом стандартизації.

Стандарт як нормативно-технічний документ є результатом конкретної роботи зі стандартизації, отриманий на основі досягнень науки, техніки і практичного досвіду, прийнятий (затверджений) відповідною компетентною організацією. При розробці всіх типів національних

стандартів враховуються рекомендації міжнародних організацій зі стандартизації.

Міжнародний стандарт (стандарт ISO) розробляє і випускає міжнародна організація зі стандартизації. Основна мета ISO – сприяти розвитку стандартизації в світі, щоб полегшити міжнародний обмін товарами і розвивати взаємну співпрацю в різних областях наукової, технічної і економічної діяльності.

Держстандарт допускає такі правила застосування міжнародних стандартів:

– ухвалення без доповнень і зміни тексту міжнародного стандарту як державного;

– ухвалення тексту міжнародного стандарту, але з доповненнями, що відображають особливості українських вимог до об'єкту стандартизації.

Залежно від призначення і змісту розрізняють стандарти таких видів:

– *основоположні стандарти* – нормативні документи, що мають широку область поширення або загальні положення, що містять, для певної області (комплексні стандарти ЄСКД, ЄСТД і тому подібне, наприклад);

– *стандарти на продукцію (послуги)* – встановлюють вимоги до груп однорідної продукції або конкретної продукції (послуги);

– *стандарти на роботи (процеси)* – встановлюють вимоги до виконання різного роду робіт на окремих етапах життєвого циклу продукції;

– *стандарти на методи контролю (випробувань, вимірювань, аналізу)* – повинні забезпечувати всесторонню перевірку всіх обов'язкових вимог до якості продукції (послуги).

Виходячи з прийнятого в промисловості ділення підприємств і організацій на галузі і підгалузі (напрями техніки) Державна система стандартизації (ДСС) ділить стандарти за сферою обов'язкового застосування на такі категорії:

– Державні стандарти України (ДСТУ), сфера обов'язкового застосування – народне господарство країни;

– Міждержавні стандарти країн-членів СНД (ГОСТ), сфера обов'язкового застосування – народне господарство країни;

– галузевий стандарт (ГСТУ), сфера обов'язкового застосування – окремі галузі промисловості;

– стандарт підгалузі (ГСТУ), сфера обов'язкового застосування – всі підприємства даної підгалузі;

– стандарт підприємства (СТП), сфера обов'язкового застосування – тільки на конкретному підприємстві;

– стандарти науково-технічних, інженерних товариств і інших громадських об'єднань (СТТУ).

Відповідно до Закону державні стандарти приймає Держстандарт

України. Державні стандарти вводяться в дію після їх реєстрації в Держстандарті України.

Стандарти галузей можуть розроблятися і прийматися державними органами управління в межах їх компетенції стосовно продукції, робіт і послуг галузевого значення. Стандарти галузей не повинні порушувати обов'язкові вимоги державних стандартів.

Стандарти підприємств можуть розроблятися і затверджуватися підприємствами самостійно з метою забезпечення вимог Закону, а також з метою вдосконалення організації і управління виробництвом.

Стандарти науково-технічних, інженерних суспільств і інших громадських об'єднань розробляються і приймаються цими суспільними об'єднаннями для динамічного поширення і використання отриманих в різних областях знань результатів досліджень і розробок. Необхідність застосування цих стандартів суб'єкти господарської діяльності визначають самостійно. За рішенням самого підприємства або організації вони на добровільній основі приймаються для використання їх або окремих положень цих стандартів при розробці ОСТів і СТП.

Стандарти всіх суб'єктів господарської діяльності не повинні порушувати обов'язкові вимоги державних стандартів.

У радіоелектроніці стандарти за їх видами можуть бути розділені на дві групи: стандарти на певну продукцію або певні види виробів і їх якісні характеристики і стандарти на загальні норми і вимоги (тобто що не відносяться до яких-небудь конкретних виробів).

До першої групи відносяться:

1. *Стандарти технічних умов (ТУ)* на деталі і вузли конструктивно-елементної бази радіоелектронних пристроїв і масові вироби електронної техніки. *Стандарти загальних технічних умов (ЗТУ)* на групи однотипних виробів, для яких встановлені єдині норми показників якості;

2. *Стандарти параметрів* (розмірів), що встановлюють параметричні і розмірні ряди виробів за основними споживчими показниками якості;

3. *Стандарти типів і основних параметрів* (розмірів);

4. *Стандарти технічних вимог*, що визначають все або основні експлуатаційні показники якості і властивості виробу, а у ряді випадків і виробничі показники;

5. *Стандарти методів випробувань*, що встановлюють методи випробувань (контролю, вимірювань) експлуатаційних характеристик, що визначають показники якості виробів;

6. *Стандарти правил приймання маркування, упакування, зберігання і транспортування, а також стандарти правил експлуатації і ремонту* (ці стандарти поки не набули в країні належного поширення).

До стандартів другої групи відносяться стандарти на загальні норми і вимоги:

1. *Стандарти типових технологічних процесів* (паяння, зварювання, герметизування, вологоізолювання і так далі). Стандарти цього вигляду відносяться до категорії галузевих, підгалузевих і СТП;

2. *Стандарти організаційно-методичні*, такі, що встановлюють норми, вимоги і правила проведення робіт у всіх сферах діяльності підприємств і організацій (наприклад, стандарти, що визначають організацію виробництва мікросхем приватного застосування);

3. *Стандарти на загальнотехнічні норми*, що встановлюють терміни, позначення, одиниці вимірювання, системи документації;

4. *Стандарти на проектно-конструкторські норми*. Державні і галузеві стандарти на переважні числа, розміри, допуски, а також на методики розрахунку, ряди напруг і струмів, вимог до надійності, стійкості до механічних і кліматичних дій і ін. Сюди ж відносяться обмежувальні стандарти всіх видів і різні "Керівництва за вибором".

Державний нагляд здійснює Держстандарт України, його територіальні органи, а також інші спеціально уповноважені на те органи. Державний нагляд здійснюється за планами органів державного нагляду або за зверненням громадян.

Налагодженням взаємодії між виробниками, споживачами продукції та органами державної влади, узгодженням інтересів у сфері стандартизації, сприянням розвитку стандартизації займається Рада стандартизації.

Рада стандартизації є колегіальним консультативно-дорадчим органом при Кабінеті Міністрів України.

Персональний склад Ради та положення про неї затверджує Кабінет Міністрів України.

Позначення державного стандарту України складається з індексу (ДСТУ), реєстраційного номера, присвоєного йому при затвердженні, і відокремлених тире двох останніх цифр року затвердження. У позначенні державного стандарту, що входить до комплексу стандартів, в його реєстраційному номері перші цифри з крапкою визначають комплекс стандарту. Якщо стандарт використовується тільки в атомній енергетиці, додається літера А, яку проставляють після двох останніх цифр року його затвердження. Позначення державного стандарту, що оформлений на підставі застосування автентичного тексту міжнародного або регіонального стандарту і не вміщує додаткові вимоги, складається з індексу (ДСТУ), позначення відповідно до міжнародного або регіонального стандарту без зазначення року його прийняття і відокремлених тире двох останніх цифр року затвердження державного стандарту. Наприклад, міжнародний стандарт ISO 9591:1992 повинен позначатися ДСТУ ISO 9591-93.

Загальнотехнічні та організаційно-методичні стандарти, як правило, об'єднують в комплекси (системи) стандартів для нормативного

забезпечення рішень технічних і соціально-економічних задач в певній галузі діяльності. Зараз діє понад 40 таких міждержавних систем, які забезпечують організацію виробництва високоякісної продукції. Найважливіші з них розглянуті нижче.

До державної системи стандартизації України входять:

- ДСТУ 1.0-93. Основні положення;
- ДСТУ 1.2.-93 Порядок розроблення державних стандартів;
- ДСТУ 1.3-93 Порядок розроблення, побудови, викладення та оформлення технічних умов;
- ДСТУ 1.4-93 Стандарти підприємства. Основні положення;
- ДСТУ 1.5-93 Загальні вимоги до побудови, викладення, оформлення та змісту стандартів.

Міжнародна стандартизація. У розвитку міжнародної стандартизації зацікавлені як великі розвинені країни, котрі прагнуть знайти нові ринки збуту своєї продукції, так і країни, що розвиваються, які бачать в ній шляхи прискореного економічного і технічного розвитку.

Найбільш крупними міжнародними організаціями зі стандартизації, що розробляють рекомендації зі стандартизації у широкому колі питань, є Міжнародна організація по стандартизації (ISO) і Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК). Україна є членом цих організацій. Участь в них обумовлює використання рекомендацій цих організацій у підготовці нових і перегляді національних стандартів, що діють, а також впровадження вітчизняних вимог в рекомендації МЕК.

Окрім ISO і МЕК, існує ряд інших міжнародних організацій, робота яких великою мірою пов'язана із стандартизацією. Це Міжнародний союз електрозв'язку, Міжнародна комісія з цивільної авіації, Європейська комісія контролю якості і ін.

6.5 Техніко-економічна ефективність стандартизації

Стандартизація є невід'ємною частиною робіт при створенні нової техніки і характеризується високою економічною ефективністю.

Економічна ефективність є наслідком економії грошових, матеріальних, людських та інших ресурсів, яка відбувається за рахунок впровадження нових або оновлених НТД і визначається тим, що стандартизація дозволяє:

- привести показники якості продукції у відповідність з досягненнями науки і техніки;
- комплексно пов'язати властивості сировини, матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції;
- скоротити терміни, трудомісткість розробки і освоєння виробництва нових видів продукції;
- впорядкувати системи документації;
- підвищити рівень спеціалізації виробництва;

– здійснити нагляд за впровадженням і додержанням стандартів в народному господарстві.

Економічна ефективність стандартизації може бути визначена в масштабі всього народного господарства, галузі виробництва або окремого підприємства. Для цього виконують спеціальні економічні розрахунки, які проводяться відповідно до існуючих нормативних документів.

Економічний ефект від стандартизації складає виражену в грошових чи натуральних показниках економію живої і матеріалізованої праці в суспільному виробництві внаслідок впровадження стандарту з урахуванням необхідних затрат. Визначається він на основі тих самих принципів, що і економічний ефект науково-технічного прогресу, складовою частиною якого є стандартизація.

Виконання робіт зі стандартизації забезпечує:

– скорочення циклів проектування, підготування виробництва, виготовлення і ремонту виробів – економія часу;

– зменшення затрат праці, матеріалів, енергії – економія ресурсів;

– зменшення затрат на проектування, собівартість виготовлення, затрат на ремонти – економія копгтів.

Методологічна оцінка економічної ефективності стандартизації (ЕЕС) базується на таких постулатах:

– ЕЕС трактується як єдиний комплексний результат економічних, організаційних та технічних заходів;

– величина ЕЕС визначається з врахуванням масштабів впровадження заходів зі стандартизації;

– величина ЕЕС визначається протягом всього періоду дії стандарту;

– ступінь ефективності визначається шляхом зіставлення всіх затрат на розробку і впровадження стандартів з величиною ефекту від його застосування.

Величину ЕЕС від впровадження стандарту можна подати у вигляді формули:

$$E = E_{\text{пр}} + E_{\text{в}} + E_{\text{ек}},$$

де $E_{\text{пр}}$ – економічна ефективність стандартизації на стадії проектування;

$E_{\text{в}}$ – економічна ефективність стандартизації при виготовленні;

$E_{\text{ек}}$ – економічна ефективність стандартизації при експлуатації.

Економічна ефективність на кожній стадії є сумою ефектів від змін виробничих фондів і ефекту від економії щорічних поточних витрат.

Ефективність змін виробничих фондів визначається з врахуванням рентабельності:

$$E_{\text{вф}} = (\Pi_{\text{вф}} - \Pi_{\text{вф}}) K_p,$$

де $\Pi_{\text{вф}}$ – виробничі фонди до стандартизації;

$\Pi_{\text{вф}}$ – виробничі фонди після стандартизації;

K_p – коефіцієнт рентабельності виробничого фонду.

Економія поточних витрат виражається у зниженні собівартості продукції.

$$E_m = (C - C^1)n,$$

де C – поточні витрати на одиницю продукції до стандартизації;
 C^1 – поточні витрати на одиницю продукції після стандартизації;
 n – кількість одиниць продукції.

Якщо врахувати ще те, що економічна ефективність розраховується протягом всього періоду дії стандартів то величина економічної ефективності стандартизації виражається формулою:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^m \sum_{n=1}^i \left[(\Pi_{\text{вф},i,n} - \Pi_{\text{вф},i,n}^1) K_p + (C_{i,n} - C_{i,n}^1) n \right],$$

де i – число підприємств, охоплених стандартизацією;
 n – період дій стандартизації (в роках).

З іншого боку, роботи зі стандартизації вимагають затрат: затрати на розробку стандартів і їх впровадження

$$B = B_p + B_v,$$

де B_p – затрати на розробку стандартів;
 B_v – затрати на впровадження стандартів.

Ступінь ефективності стандартизації тоді оцінюється відношенням економії до затрат, що виражається коефіцієнтом:

$$K = E/B.$$

Проведення робіт зі стандартизації, особливо розробка і впровадження державних стандартів, має економічні, технічні і соціальні наслідки для всього народного господарства, причому вони можуть бути в різних сферах дуже суперечливі. Якщо впровадження стандарту створює економічний ефект у виробництві і експлуатації стандартизованої продукції, то впровадження його завжди доцільне. Але дуже часто випуск стандартизованої продукції вищої якості вимагає від промисловості великих затрат, що підвищує собівартість її виготовлення. В той самий час в експлуатації така продукція дуже вигідна, бо має підвищені споживчі властивості. В цьому випадку необхідно встановити, наскільки результати перевищують сумарні затрати, і зробити висновки про доцільність впровадження стандартів не з вузьковідомчих позицій, а з позицій народного господарства загалом.

При проведенні робіт зі стандартизації критерії економічної ефективності повинні бути основними, бо визначають напрямок цих робіт і рівень показників, що закладаються в стандарти. Тому визначення величини економічного ефекту повинно проводитися, починаючи з початкової стадії, і супроводжувати весь процес розробки стандарту для вибору і встановлення оптимального рівня стандартизованих показників.

Вже при розробці планів і програм стандартизації за укрупненими показниками визначається величина очікуваного економічного ефекту,

який уточнюється при складанні технічного завдання на розробку кожного конкретного стандарту. В процесі роботи над створенням стандарту проведення техніко-економічних розрахунків має на меті вибір оптимального варіанта вирішення завдань стандартизації.

Розроблений стандарт подається на розгляд і затвердження з уточненим техніко-економічним розрахунком ефективності, який потрібен для прийняття рішення про його затвердження і впровадження в народне господарство на основі значення очікуваного економічного ефекту. Після впровадження стандарту на підставі цих даних про фактичні результати, отримані в сфері проектування, виробництва і експлуатації об'єктів стандартизації, може бути розраховане значення фактичного економічного ефекту, необхідне для аналізу змін економічних показників внаслідок проведення робіт з стандартизації.

Проте порядок, що встановлює необхідність проведення техніко-економічних розрахунків, допускає і винятки. З урахуванням різноманітності об'єктів стандартизації не завжди є можливим і доцільним визначити економічну ефективність. Це стосується:

- стандартів, в яких техніко-економічні показники залишились незмінними порівняно з базовими;
 - стандартів, що встановлюють підвищені норми для органолептичних властивостей продукції;
 - загальнотехнічних і організаційно-методичних стандартів, направлених на встановлення порядку проведення робіт (інструкції, положення, правила і норми виробничо-технічного призначення, документація у сфері управління виробництвом, техніко-економічна інформація); стандартів на терміни, визначення, класифікацію, позначення.
- Для вказаних стандартів даються якісні характеристики їх доцільності і затрати на їх розробку і впровадження.

Контрольні питання

1. Дайте означення поняття “стандартизація”. Назвіть основні об’єкти стандартизації.
2. Сформулюйте основні цілі і завдання стандартизації.
3. Наведіть і поясніть класифікацію видів стандартів.
4. Назвіть відомі вам методи стандартизації і дайте їм коротку характеристику.
5. Дайте означення і поясніть суть таких методів стандартизації: методу переважних чисел і методу симпліфікації (обмеження). Що загального між цими методами?
6. Поясніть суть методу базових конструкцій (методу типізації), як одного з методів стандартизації. Наведіть відомий вам приклад використання цього методу в радіоелектроніці.
7. Поясніть суть таких методів стандартизації, як метод агрегування і метод уніфікації. Що загального в цих методах і в чому їх відмінність?
8. Дайте визначення поняттю “Категорія стандарту”. Назвіть відомі вам категорії стандартів і поясніть суть цього поділу стандартів на категорії.
9. Поясніть суть поняття “Стандартизація за досягнутим рівнем”.
10. Поясніть суть поняття “Випереджаюча стандартизація”.
11. Поясніть суть поняття “Комплексна стандартизація”.
12. Що таке стандарт галузі (ГСТУ), стандарт підприємства (СТП), технічні умови (ТУ)? Що між ними спільного і в чому відмінність між ними?
13. Що таке “міжнародний стандарт”? Хто розробляє і приймає ці стандарти і як вони використовуються?
14. Поясніть, яким чином здійснюється державний контроль і нагляд за дотриманням державних стандартів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кичак В. М., Федун І. В. Надійність і контроль якості виробів електронної техніки: Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 1998. – 122 с.
2. Чернышов А. А. Основы надежности полупроводниковых приборов и интегральных схем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.
3. Готра З. Ю., Николаев И. М. Контроль качества и надежность микросхем. – М.: Радио и связь, 1989. – 168 с.
4. Воронков Э. И. Надежность полупроводниковых приборов и микросхем. / Под ред. К. В. Шалимовой. – М.: МЭИ, 1986. – 47 с.
5. Ушаков А. И., Козлов Б. А. Справочник по расчету надежности радиоэлектроники и автоматики. – М.: Советское радио, 1975. – 471 с.
6. Цюцюра С. В., Цюцюра В. Д. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація: Навч. посіб. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2005. – 242 с.
7. Шураев О. П. Основы теории надежности. Конспект лекций. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2005. – 100 с.
8. Шураев О. П. Обработка экспериментальных данных о надежности объектов. – Н.Новгород: ВГАВТ, 2001. – 48 с.
9. Шураев О. П. Первичная обработка результатов статистических наблюдений. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2004. – 44 с.
10. Конарев В. И. Основы стандартизации: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1988.
11. Научно-техническая электронная библиотека. Библиотека стандартов. // <http://www.lindex.net.ua/> (Lindex-стандарт, ДСТУ, ГОСТ, ДБН, ДНАОП, СНиП, СН, СанПиН, МИ и другие нормативные документы, ДСТУ).

ДОДАТОК А

Таблиця А1 – Емпіричні формули для визначення ймовірності прийняття правильних рішень двоступінчастого контролю за альтернативною ознакою. Випадок експоненціального закону розподілу q

c_1	c_2	c_3	P_n
0	2	1	$0,753+0,043 \cdot \delta$
0	2	2	$0,802+0,032 \cdot \delta$
0	3	2	$0,781+0,039 \cdot \delta$
0	3	3	$0,834+0,06 \cdot \delta$
1	3	2	$0,828+0,049 \cdot \delta$
1	3	3	$0,848+0,047 \cdot \delta$

Таблиця А2 – Емпіричні формули для визначення середнього значення другого об'єму вибірки двоступінчастого контролю за альтернативною ознакою

c_1	c_2	c_3	$P_{21}(q_1)$	$P_{22}(q_1)$
0	2	1	$\frac{1,146}{(1,146/\delta + 1)(1 + 1,146 + \delta)}$	—
0	2	2		—
0	3	2	$\frac{1,568}{(1,568/\delta + 1)(1 + 1,568 + \delta)}$	$\frac{P_{22}(q_1)}{1,568 + \delta}$
0	3	3		—
2	3	2	$\frac{9,296}{(9,296/\delta + 1)(1 + 9,296 + \delta)}$	—
1	3	3		—

Таблиця А3 – Функція Лапласа $\Phi_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left\{-\frac{x^2}{2}\right\} dx$:

t	$\Phi_0(t)$	t	$\Phi_0(t)$	t	$\Phi_0(t)$
0	0,0000	1,4	0,4192	1,8	0,4974
0,1	0,0398	1,5	0,4392	1,9	0,4981
0,2	0,0793	1,6	0,4452	3,0	0,4986
0,3	0,1179	1,7	0,4554	3,1	0,4990
0,4	0,1554	1,8	0,4641	3,2	0,4993
0,5	0,1915	1,9	0,4713	3,3	0,4995
0,6	0,2257	2,0	0,4772	3,4	0,4996
0,7	0,2580	2,1	0,4821	3,5	0,4997
0,8	0,2881	2,2	0,4860	3,6	0,4998
0,9	0,3159	2,3	0,4892	3,7	0,4998
1,0	0,3413	2,4	0,4918	3,8	0,4999
1,1	0,3643	2,5	0,4937	3,9	0,4999
1,2	0,3849	2,6	0,4953		
1,3	0,4032	2,7	0,4965		

Таблиця А4 – Об'єм вибірки при $k_n = 0,10$

Об'єм вибірки при $k_n = 0,10$	P_n	k_6							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	37	36	34	35	35	34	34	33
	0,80	40	39	38	38	37	36	36	35
	0,82	43	42	41	41	40	39	38	38
	0,84	46	46	45	44	43	42	41	41
	0,86	51	50	49	49	48	47	46	45
	0,89	58	57	56	55	53	51	49	48
	0,90	72	70	69	68	64	58	55	53
	0,92	108	106	105	104	96	84	77	66
	0,94	140	138	136	134	130	126	122	118
	0,96	150	146	144	142	140	139	136	137
0,98	–	–	–	–	–	–	148	145	
Об'єм вибірки при $k_n = 0,15$	P_n	k_6							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	38	37	37	36	36	35	35	34
	0,80	41	40	39	39	38	37	36	36
	0,82	44	43	42	42	41	41	40	39
	0,84	47	46	45	45	44	43	43	42
	0,86	52	51	50	49	48	48	47	46
	0,89	59	58	56	55	54	52	51	49
	0,90	75	73	71	68	65	62	58	54
	0,92	111	107	104	99	95	89	76	68
	0,94	142	139	135	131	129	126	123	121
	0,96	153	149	146	144	142	139	137	139
0,98	–	–	–	156	153	151	149	147	
Об'єм вибірки при $k_n = 0,20$	P_n	k_6							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	39	38	37	37	37	37	36	35
	0,80	42	41	41	40	40	39	39	38
	0,82	45	44	43	43	42	42	41	41
	0,84	48	47	46	46	45	44	44	43
	0,86	54	53	52	51	50	49	49	48
	0,89	61	59	58	57	56	55	54	53
	0,90	77	75	73	72	70	68	66	65
	0,92	115	113	110	107	104	101	99	97
	0,94	148	145	142	139	136	133	130	128
	0,96	–	–	–	–	–	151	144	139
0,98	–	–	–	–	–	–	–	150	

Продовження таблиці А4

Об'єм вибірки при $k_H = 0,20$	P_n	k_G							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	39	38	37	37	37	37	36	35
	0,80	42	41	41	40	40	39	39	38
	0,82	45	44	43	43	42	42	41	41
	0,84	48	47	46	46	45	44	44	43
	0,86	54	53	52	51	50	49	49	48
	0,89	61	59	58	57	56	55	54	53
	0,90	77	75	73	72	70	68	66	65
	0,92	115	113	110	107	104	101	99	97
	0,94	148	145	142	139	136	133	130	128
0,96	-	-	-	-	-	151	144	139	
0,98	-	-	-	-	-	-	-	150	
Об'єм вибірки при $k_H = 0,30$	P_n	k_G							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,76	40	39	38	38	37	37	36	35
	0,78	41	40	39	39	38	38	37	36
	0,80	44	43	42	42	41	41	40	39
	0,82	47	46	45	45	44	44	43	42
	0,84	53	51	50	49	48	47	46	44
	0,86	59	57	55	54	53	52	51	49
	0,88	75	72	70	68	65	63	60	54
	0,90	113	109	106	102	96	89	73	66
	0,92	145	140	135	130	124	118	107	98
0,94	-	146	143	140	138	135	132	129	
0,96	-	-	-	-	-	-	144	141	
Об'єм вибірки при $k_H = 0,40$	P_n	k_G							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	42	41	40	40	39	39	38	37
	0,80	45	44	43	43	42	42	42	41
	0,82	48	47	46	46	45	45	44	43
	0,84	54	53	52	51	50	49	48	47
	0,86	62	60	58	56	54	52	50	49
	0,88	78	74	71	68	65	62	58	54
	0,90	116	109	102	101	96	88	79	67
	0,92	149	143	140	129	122	118	109	100
	0,94	-	-	-	151	146	141	136	128
0,96	-	-	-	-	-	148	142	137	

Об'єм вибірки при $k_{\text{н}} = 0,60$	$P_{\text{п}}$	$k_{\text{б}}$							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	43	42	42	41	41	40	39	38
	0,80	45	44	43	43	42	42	41	40
	0,82	49	47	46	45	44	44	43	42
	0,84	56	53	50	49	47	46	45	45
	0,86	68	65	62	59	57	53	51	49
	0,88	84	79	74	71	67	62	58	55
	0,90	98	89	86	82	79	75	71	67
	0,92	125	119	112	105	98	92	86	81
	0,94	-	-	122	117	106	101	96	91
0,96	-	-	-	-	-	109	102	97	
Об'єм вибірки при $k_{\text{н}} = 0,80$	$P_{\text{п}}$	$k_{\text{б}}$							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	44	43	43	42	42	41	41	40
	0,80	48	47	46	45	45	44	43	42
	0,82	53	51	50	49	48	47	46	45
	0,84	66	64	62	60	57	54	51	48
	0,86	98	93	89	78	59	57	55	52
	0,88	116	106	98	91	84	77	71	65
	0,90	134	126	120	114	109	105	101	98
	0,92	145	141	138	134	131	128	125	123
	0,94	-	-	-	144	141	138	134	130
0,96	-	-	-	-	-	143	141	138	
Об'єм вибірки при $k_{\text{н}} = 1,20$	$P_{\text{п}}$	$k_{\text{б}}$							
		0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,20
	0,78	46	45	44	43	43	42	41	41
	0,80	50	49	48	47	46	45	44	43
	0,82	56	54	53	52	51	49	48	47
	0,84	70	68	66	64	61	57	53	49
	0,86	106	98	90	84	76	68	61	54
	0,88	137	126	103	94	86	80	74	68
	0,90	146	139	129	108	96	84	78	72
	0,92	-	-	142	138	135	130	126	122
	0,94	-	-	-	-	-	142	140	138

Таблиця А5 – Об'єм вибірки при СРТП зі ступінчастим корегуванням

P _n	$\delta_{kl} = 0,6$						$\delta_{kl} = 0,8$					
	γ						γ					
	3,0	3,4	3,8	4,4	5,0	5,6	3,0	3,4	3,8	4,4	5,0	5,6
0,70	19	18	17	16	15	14	10	10	9	8	8	7
0,72	21	20	19	18	17	15	12	11	10	10	9	9
0,74	24	23	21	19	18	17	14	12	12	11	10	10
0,76	27	25	23	21	20	19	15	14	13	13	11	11
0,78	30	28	26	24	22	21	19	17	15	14	13	12
0,80	37	32	29	27	25	23	21	19	17	15	14	13
0,82	–	–	34	30	28	26	25	22	20	17	16	15
0,84	–	–	–	35	31	29	30	26	23	20	18	17
0,86	–	–	–	–	37	34	35	32	28	24	21	19
0,88	–	–	–	–	–	–	–	–	35	28	24	22
0,90	–	–	–	–	–	–	–	–	–	34	29	26
0,92	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	36	32
P _n	$\delta_{kl} = 1,0$						$\delta_{kl} = 1,2$					
	γ						γ					
	3,0	3,4	3,8	4,4	5,0	5,6	3,0	3,4	3,8	4,4	5,0	5,6
0,74	8	8	7	7	6	6	6	6	5	–	–	–
0,76	10	9	8	8	7	7	7	7	6	5	5	–
0,78	12	10	10	9	8	8	8	8	7	6	6	5
0,80	14	12	11	10	9	9	9	9	8	7	7	6
0,82	16	14	13	11	10	10	11	10	9	8	8	7
0,84	20	17	15	13	12	11	13	12	10	9	9	8
0,86	25	21	18	15	14	12	17	14	12	11	10	9
0,88	33	27	22	18	16	14	23	19	15	13	11	10
0,90	–	–	29	23	19	16	32	25	21	16	13	12
0,92	–	–	–	28	23	20	–	37	29	20	16	14
0,94	–	–	–	–	31	25	–	–	–	29	22	18
0,96	–	–	–	–	–	35	–	–	–	–	34	25

Таблиця А6 – Об'єм вибірки при СРТП з неперервним за величиною корегуванням

ξ_0	P_n						
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
0,6	–	–	–	3	5	8	15
0,7	–	–	3	4	6	11	20
0,8	–	3	4	5	8	14	27
0,9	3	4	5	7	10	22	31
1,0	3	5	6	8	13	27	41
1,1	4	6	7	10	15	32	–
1,2	5	7	9	12	18	38	–
1,3	6	8	10	14	21	44	–
1,4	7	9	12	17	25	–	–
1,5	8	10	13	19	28	–	–
1,6	9	12	15	22	41	–	–
1,7	10	13	17	24	46	–	–
1,8	11	15	19	27	–	–	–
1,9	12	16	21	30	–	–	–
2,0	14	18	24	34	–	–	–

Примітка: $\xi_0 = \frac{\sigma}{l}$,

де l – параметр рівномірного закону розподілу значень відхилень під дією відхиляючих факторів.

Таблиця А7 – Розділи стандартизації

№ розділу	Назва
01	ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ, ТЕРМІНОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ДОКУМЕНТАЦІЯ
03	СОЦІОЛОГІЯ, ПОСЛУГИ, ОРГАНІЗАЦІЯ ФІРМ І УПРАВЛІННЯ НИМИ, АДМІНІСТРАЦІЯ, ТРАНСПОРТ
07	МАТЕМАТИКА, ПРИРОДНІ НАУКИ
11	ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я
13	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, ЗАХИСТ ЛЮДИНИ ВІД ДІЙ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА, БЕЗПЕКА
17	МЕТРОЛОГІЯ І ВИМІРЮВАННЯ, ФІЗИЧНІ ЯВИЩА
19	ВИПРОБУВАННЯ *Ця область включає стандарти тільки загального призначення *Аналітична хімія
21	МЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
23	ГІДРАВЛІЧНІ І ПНЕВМАТИЧНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ *Вимірювання потоку рідини
25	МАШИНОБУДУВАННЯ *Ця область включає стандарти загального призначення
27	ЕНЕРГЕТИКА І ТЕПЛОТЕХНІКА
29	ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
31	ЕЛЕКТРОНІКА
31.020	Електронні компоненти в цілому *Магнітні компоненти
31.040	Резистори
31.060	Конденсатори
31.080	Напівпровідникові прилади *Напівпровідникові матеріали
31.100	Електронні лампи
31.120	Електронні дисплеї *Включаючи дисплеї на рідких кристалах
31.140	П'єзоелектричні і діелектричні прилади
31.160	Електричні фільтри
31.180	Друкарські схеми і плати
31.190	Електронні компоненти в зборі *Включаючи заздалегідь зібрані модулі
31.200	Інтегральні схеми, Мікроселектроніка *Включаючи електронні мікросхеми, логічні і аналогові мікροструктури *Мікропроцесори
31.220	Електромеханічні компоненти електронного устаткування і телекомунікаційного устаткування
31.240	Механічні конструкції електронного устаткування
31.260	Оптоелектроніка, Лазерне устаткування *Включаючи фотосхементи
33	ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, АУДІО- І ВІДЕОТЕХНІКА
35	ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, МАШИНИ КОНТОРСЬКІ
37	ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ
39	ТОЧНА МЕХАНІКА, ЮВЕЛІРНА СПРАВА
43	ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ТЕХНІКА
45	ЗАЛІЗНИЧНА ТЕХНІКА
47	СУДНОБУДУВАННЯ І МОРСЬКІ СПОРУДИ
49	АВІАЦІЙНА І КОСМІЧНА ТЕХНІКА
53	ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНЕ УСТАТКУВАННЯ
55	УПАКОВКА І РОЗМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ
59	ТЕКСТИЛЬНЕ І ШКІР'ЯНЕ ВИРОБНИЦТВО
61	ШВЕЙНА ПРОМИСЛОВІСТЬ
65	СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО
67	ВИРОБНИЦТВО ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ
71	ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ
73	ГІРСЬКА СПРАВА І КОРИСНІ КОПАЛИНИ
75	ЗДОБИЧ І ПЕРЕРОБКА НАФТИ, ГАЗА І СУМІЖНІ ВИРОБНИЦТВА
77	МЕТАЛУРГІЯ
79	ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКА ДЕРЕВИНИ
81	СКЛЯНА І КЕРАМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ
83	ГУМОВА, ГУМОТЕХНІЧНА, АСБЕСТО-ТЕХНІЧНА І ПЛАСТМАСОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ
85	ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ
87	ЛАКОФАРБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ
91	БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ І БУДІВНИЦТВО
93	ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
95	ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА
97	ПОБУТОВА ТЕХНІКА І ТОРГОВЕ УСТАТКУВАННЯ, ВІДПОЧИНОК, СПОРТ

Таблиця А8 – Стандарти з виробництва ВЕТ, чинні в Україні станом на 2009 рік

ГОСТ – Міждержавні стандарти	
	Загальні положення. Термінологія. Стандартизація. Документація.
ГОСТ 1.0-92	Правила проведення робіт по міждержавній стандартизації. Загальні положення.
ГОСТ 1.1-2002	Міждержавна система стандартизації. Терміни і визначення
ГОСТ 1.2-97	Правила проведення робіт по міждержавній стандартизації. Порядок розробки, ухвалення, застосування, оновлення і відміни документів по про міждержавну стандартизацію
ГОСТ 1.3-2002	Міждержавна система стандартизації. Правила і методи ухвалення міжнародних і регіональних стандартів як міждержавні стандарти
ГОСТ 1.5-2001	Міждержавна система стандартизації. Стандарти міждержавні, правила і рекомендації по міждержавній стандартизації. Загальні вимоги до побудови, викладу, оформлення, змісту і позначення
12.0.229-2005	Система стандартів безпеки праці. Устаткування виробниче. Оцінка стандартів і технічних умов на повноту змісту вимог безпеки.
ГОСТ 20519-75	Система стандартизації експортної продукції. Експонати для ярмарків і виставок. Основні вимоги
ГОСТ 24369-86	Об'єкти стандартизації в будівництві. Загальні положення
ГОСТ 26265-84	Стандартизація в побутовому обслуговуванні населення. Основні положення
ГОСТ 28681.0-90	Стандартизація у сфері туристсько-екскурсійного обслуговування. Основні положення
	Електроніка
	Електронні компоненти в цілому *Мігнітні компоненти
ГОСТ 4907-81	Кінці валів управління виробів електронної техніки. Види і основні розміри
ГОСТ 13540-74	Блоки живлення стабілізовані низьковольтні типу 591 для електронної апаратури. Загальні технічні умови
ГОСТ 16841-79	Отвори вентиляційні приладових корпусів радіоелектронних і електротехнічних виробів. Типи, конструкція і розміри
ГОСТ 23073-78	Труби теплові. Терміни, визначення і буквені позначення
ГОСТ 23585-96	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до оброблення і з'єднання екранів проводів
ГОСТ 23586-96	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до джгутів і їх кріплення
ГОСТ 23587-96	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до оброблення монтажних проводів і кріплення жив
ГОСТ 23588-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до монтажу з'єднувачів А і РП
ГОСТ 23589-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до монтажу з'єднувачів РС і МР
ГОСТ 23590-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до монтажу з'єднувачів 2РМ
ГОСТ 23591-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Технічні вимоги до монтажу з'єднувачів ШР, СШР, СШРГ і ШРГ
ГОСТ 23592-96	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Загальні вимоги до об'ємного монтажу виробів електронної техніки і електротехнічних
ГОСТ 23593-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів із застосуванням гнучких матриць. Технічні вимоги
ГОСТ 23594-79	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури і приладів. Маркіровка
ГОСТ 24686-81	Устаткування для виробництва виробів електронної техніки і електротехніки. Загальні технічні вимоги. Маркіровка, упаковка, транспортування і зберігання
ГОСТ 25532-89	Прилади з перенесенням заряду фоточутливі. Терміни і визначення
ГОСТ 27597-88	Вироби електронної техніки. Метод оцінки корозійної стійкості
ГОСТ 30668-2000*	Вироби електронної техніки. Маркіровка
ГОСТ 30804.6.2-2002	Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до електромагнітних перешкод технічних засобів, вживаних в промислових зонах. Вимоги і методи випробувань
ГОСТ 30804.6.4-2002	Сумісність технічних засобів електромагнітна. Помехоємність від технічних засобів, вживаних в промислових зонах. Норми і методи випробувань
	Резистори
ГОСТ 2.728-74	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Резистори, конденсатори
ГОСТ 9663-75	Резистори. Ряд номінальних потужностей розсіяння
ГОСТ 9664-74	Резистори. Відхилення, що допускаються, від номінального значення опору

Продовження таблиці А8

ГОСТ 12661-67	Конденсатори і резистори електричні. Довжини монтажні і діаметри дріотяних виводів
ГОСТ 21342.0-75	Резистори. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів
ГОСТ 21342.13-78	Резистори. Метод вимірювання опору ізоляції
ГОСТ 21342.14-86	Резистори. Метод випробування імпульсним навантаженням
ГОСТ 21342.15-78	Резистори. Метод визначення температурної залежності опору
ГОСТ 21342.16-78	Резистори. Метод вимірювання нелінійності опору
ГОСТ 21342.17-78	Резистори. Метод визначення вимірювання опору від зміни напруги
ГОСТ 21342.18-78	Резистори. Метод перевірки електричної міцності ізоляції
ГОСТ 21342.19-78	Резистори. Методи вимірювання рівня шумів
ГОСТ 21342.20-78	Резистори. Метод вимірювання опору
ГОСТ 21395.0-75	Резистори. Методи перевірки вимог до конструкції. Загальні положення
ГОСТ 21414-75	Резистори. Терміни і визначення
ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74)	Коди для маркування резисторів і конденсаторів
ГОСТ 28884-90 (МЭК 63-63)	Ряди переважних значень для резисторів і конденсаторів
ГОСТ 24013-80	Резистори постійні. Основні параметри
ГОСТ 24238-84	Резистори постійні. Загальні технічні умови
ГОСТ 28608-90 (МЭК 115-1-82)	Резистори постійні для електронної апаратури. Частина 1. Загальні технічні умови
ГОСТ 28610-90 (МЭК 115-2-82)	Резистори постійні для електронної апаратури. Частина 2. Групові технічні умови на постійні малопотужні недротяні резистори
ГОСТ 28611-90 (МЭК 115-2-1-82)	Резистори постійні для електронної апаратури. Частина 2. Форма технічних умов на постійні малопотужні недротяні резистори. Рівень якості E
ГОСТ 29028-91 (МЭК 115-4-82)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 4. Групові технічні умови на постійні потужні резистори
ГОСТ 29029-91 (МЭК 115-4-1-83)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 4. Форма технічних умов на постійні потужні резистори. Рівень якості E
ГОСТ 29034-91 (МЭК 115-5-82)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 5. Групові технічні умови на постійні прецизійні резистори
ГОСТ 29035-91 (МЭК 115-5-1-83)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 5. Форма технічних умов на постійні прецизійні резистори. Рівень якості E
ГОСТ 29042-91 (МЭК 115-6-83)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 6. Групові технічні умови на набори постійних резисторів з окремо вимірюваними резисторами
ГОСТ 29043-91 (МЭК 115-6-2-83)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 6. Форма технічних умов на набори постійних резисторів з окремо вимірюваними резисторами, що мають різні номінальні опори або номінальні потужності розсіяння. Рівень якості E
ГОСТ 29068-91 (МЭК 115-6-1-83)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 6. Форма технічних умов на набори постійних резисторів з окремо вимірюваними резисторами, що мають однакові номінальні опори і потужності розсіяння. Рівень якості E
ГОСТ 29069-91 (МЭК 115-7-84)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 7. Групові технічні умови на набори постійних резисторів, в яких не всі резистори окремо вимірювані
ГОСТ 29070-91 (МЭК 115-7-1-84)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 7. Форма технічних умов на набори постійних резисторів, в яких не всі резистори окремо вимірювані. Рівень якості E
ГОСТ 29071-91 (МЭК 115-8-89)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 8. Групові технічні умови на постійні чип-резистори
ГОСТ 29072-91 (МЭК 115-8-1-89)	Постійні резистори для електронної апаратури. Частина 8. Форма технічних умов на постійні чип-резистори. Рівень якості E
ГОСТ 10318-80	Резистори змінні. Основні параметри
ГОСТ 21342.1-87	Резистори змінні. Метод вимірювання перехідного опору контактів вимикача резистора
ГОСТ 21342.2-75	Резистори змінні. Методи перевірки плавності зміни опору
ГОСТ 21342.3-87	Резистори змінні. Методи перевірки функціональної характеристики
ГОСТ 21342.4-87	Резистори змінні. Метод вимірювання розбалансу опору багатоелементних резисторів
ГОСТ 21342.5-87	Резистори змінні. Методи вимірювання мінімального опору, показника максимального ослаблення і початкового стрибка опору
ГОСТ 21342.6-75	Резистори змінні. Методи контролю шумів переміщення рухомої системи
ГОСТ 21342.9-76	Варістори. Метод вимірювання напруги і струму
ГОСТ 21342.10-76	Варістори. Метод вимірювання коефіцієнта нелінійності
ГОСТ 21342.11-76	Варістори. Метод вимірювання асиметрії струмів і асиметрії напруги
ГОСТ 21342.12-76	Варістори. Метод вимірювання температурного коефіцієнта напруги і струму

Продовження таблиці А8

ГОСТ 21395.3-75	Резистори змінні. Метод перевірки плавності ходу, моменту обертання (зусилля переміщення) моменту (зусилля) чіпання рухомої системи резистора, моменту (зусилля) спрацювання вимикача резистора
ГОСТ 21395.4-75	Резистори змінні. Метод перевірки кута повороту або переміщення рухомої системи, кута спрацювання вимикача резистора або переміщення при спрацюванні вимикача резистора
ГОСТ 21395.5-75	Резистори змінні. Метод перевірки міцності стопорення рухомої системи
ГОСТ 21395.6-75	Резистори змінні. Методи перевірки зносостійкості резистора і вимикача резистора
ГОСТ 21395.7-75	Резистори змінні. Метод перевірки міцності упорів
ГОСТ 22174-76	Резистори змінні недротяні. Корпуси. Основні розміри
ГОСТ 23203-78	Варістори. Ряди струмів і класифікаційної напруги
ГОСТ 24237-84	Резистори змінні недротяні. Загальні технічні умови
ГОСТ 24239-84	Резистори змінні дротяні. Загальні технічні умови
ГОСТ 27647-88	Резистори змінні. Метод перевірки механічної міцності валу управління
ГОСТ 27648-88	Резистори змінні. Метод вимірювання перехідного опору рухомого контакту при низькій напрузі
ГОСТ 30264-95	Варістори. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів
ГОСТ 30346-96	Варістори. Метод вимірювання ємкості
ГОСТ 21342.7-76	Терморезистори. Метод вимірювання опору
ГОСТ 21342.8-76	Терморезистори. Метод вимірювання температурного коефіцієнта опору
ГОСТ 28626-90	Терморезистори непрямого підігріву з негативним температурним коефіцієнтом опору. Загальні технічні умови
ГОСТ 28639-90	Терморезистори непрямого підігріву з негативним температурним коефіцієнтом опору. Форма технічних умов. Рівень якості Е
Конденсатори	
ГОСТ 2.728-74	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Резистори, конденсатори
ГОСТ МЭК 1048-95	Конденсатори для ланцюгів трубчастих люмінесцентних і інших розрядних ламп. Загальні вимоги і вимоги безпеки
ГОСТ 12661-67	Конденсатори і резистори електричні. Довжини монтажні і діаметри дротяних виводів
ГОСТ 14611-78	Конденсатори постійної і змінної ємкості вакуумні. Ряди номінальних ємкостей, напруги і струмів
ГОСТ 21415-75	Конденсатори. Терміни і визначення
ГОСТ 24240-84	Конденсатори постійної і змінної ємкості вакуумні. Загальні технічні умови
ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74)	Коди для маркування резисторів і конденсаторів
ГОСТ 28884-90 (МЭК 63-63)	Ряди переважних значень для резисторів і конденсаторів
ГОСТ 28885-90	Конденсатори. Методи вимірювань і випробувань
ГОСТ 26192-84	Конденсатори постійної ємкості. Коди колірні для маркування
ГОСТ 27550-87	Конденсатори постійної ємкості оксидно-електролітичні алюмінієві. Загальні технічні умови
ГОСТ 27778-88	Конденсатори постійної ємкості керамічні. Загальні технічні умови
ГОСТ 28309-89 (МЭК 384-1-82, МЭК 384-4-85)	Конденсатори постійної ємкості оксидно-електролітичні алюмінієві. Методи випробувань на вразливості
ГОСТ 28896-91 (МЭК 384-1-82)	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 1. Загальні технічні умови
ГОСТ 28897-91 (МЭК 384-11-88)	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 11. Групові технічні умови на фольгові поліетиленгерфталатні плівкові конденсатори постійної ємкості, призначені для роботи в ланцюгах постійного струму
ГОСТ 28898-91 (МЭК 384-11-1-88)	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 1. Форма технічних умов на фольгові поліетиленгерфталатні плівкові конденсатори постійної ємкості, призначені для роботи в ланцюгах постійного струму. Рівень якості Е
ГОСТ МЭК 252-94	Конденсатори для двигунів змінного струму
ГОСТ 1908-97	Папір конденсаторний. Загальні технічні умови
ГОСТ 16745-93	Папір конденсаторний. Метод визначення пробійної напруги і електричної міцності при змінній (промислової частоти) і постійній напрузі
ГОСТ 16746-93	Папір конденсаторний. Метод визначення тангенса кута діелектричних втрат і діелектричної проникності при промисловій частоті
ГОСТ 16747-80	Папір конденсаторний. Метод визначення числа струмопровідних включень

Продовження таблиці А8

ГОСТ 28897-91 (МЭК 384-11-88)	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 11. Групові технічні умови на фольгові поліетилентерефталатніє плівкові конденсатори постійної ємкості, призначені для роботи в ланцюгах постійного струму
ГОСТ 28898-91 (МЭК 384-11-1-88)	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 1. Форма технічних умов на фольгові поліетилентерефталатніє плівкові конденсатори постійної ємкості, призначені для роботи в ланцюгах постійного струму. Рівень якості Е
ГОСТ 28309-89 (МЭК 384-1-82, МЭК 384-4-85)	Конденсатори постійної ємкості оксидно-електролітичні алюмінієві. Методи випробувань на вибухостійкість
ГОСТ 4.172-85	Система показників якості продукції. Конденсатори силові, установки конденсаторні. Номенклатура показників
ГОСТ 12.2.007.5-75	Конденсатори силові. Установки конденсаторні. Вимоги безпеки
ГОСТ 18689-81	Конденсатори для електротермічних установок на частоту від 0,5 до 10,0 кГц. Загальні технічні умови
	Напівпровідникові прилади *Напівпровідникові матеріали
ГОСТ 2.730-73	Сдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Прилади напівпровідникові
ГОСТ 4.137-85	Система показників якості продукції. Прилади напівпровідникові силові. Номенклатура показників
ГОСТ 8.334-78	ГСИ. Вимірники коефіцієнта шуму транзисторів і приймачів СВЧ діапазону. Методи і засоби перевірки
ГОСТ 11630-84	Прилади напівпровідникові. Загальні технічні умови
ГОСТ 15133-77	Прилади напівпровідникові. Терміни і визначення
ГОСТ 17704-72	Прилади напівпровідникові. Приймачі променевої енергії фотоелектричні. Класифікація і система позначень
ГОСТ 17772-88	Приймачі випромінювання напівпровідникові фотоелектричні і фотоприймальні пристрої. Методи вимірювання фотоелектричних параметрів і визначення характеристик
ГОСТ 18472-88	Прилади напівпровідникові. Основні розміри
ГОСТ 18577-80	Пристрої термоелектричні напівпровідникові. Терміни і визначення
ГОСТ 20859.1-98	Прилади напівпровідникові силові. Загальні технічні вимоги
ГОСТ 21934-83	Приймачі випромінювання напівпровідникові фотоелектричні і фотоприймальні пристрої. Терміни і визначення
ГОСТ 23900-87	Прилади напівпровідникові силові. Габаритні і прислудувальні розміри
ГОСТ 24461-80	Прилади напівпровідникові силові. Методи вимірювань і випробувань
ГОСТ 27299-87	Прилади напівпровідникові оптоелектронні. Терміни, визначення і буквені позначення параметрів
ГОСТ 27591-88	Модулі напівпровідникові силові. Габаритні і прислудувальні розміри
ГОСТ 28578-90 (МЭК 749-84)	Прилади напівпровідникові. Механічні і кліматичні випробування
ГОСТ 28623-90 (МЭК 747-10-84)	Прилади напівпровідникові. Частина 10. Загальні технічні умови на дискретні прилади і інтегральні мікросхеми
ГОСТ 28624-90 (МЭК 747-11-85)	Прилади напівпровідникові. Частина 11. Групові технічні умови на дискретні прилади
ГОСТ 30617-98	Модулі напівпровідникові силові. Загальні технічні умови
ГОСТ 30718-99	Перетворювачі напівпровідникові побутові. Загальні технічні вимоги
ГОСТ 17465-80	Діоди напівпровідникові. Основні параметри
ГОСТ 18986.0-74	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання електричних параметрів. Загальні положення
ГОСТ 18986.1-73	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання постійного зворотного струму
ГОСТ 18986.3-73	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання постійної прямої напруги і постійного прямого струму
ГОСТ 18986.4-73	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання ємкості
ГОСТ 18986.5-73	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання часу циклоключення
ГОСТ 18986.6-73	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання заряду відновлення
ГОСТ 18986.7-73	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання ефективного часу життя неспівважних носіїв заряду
ГОСТ 18986.8-73	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання часу зворотного відновлення
ГОСТ 18986.9-73	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання імпульсної прямої напруги і часу прямого відновлення
ГОСТ 18986.10-74	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання індуктивності
ГОСТ 18986.11-84	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання послідовного опору втрат
ГОСТ 18986.12-74	Діоди напівпровідникові тунельні. Метод вимірювання негативної провідності переходу

Продовження таблиці А8

ГОСТ 18986.13-74	Діоди напівпровідникові тунельні. Методи вимірювання пікового струму, струму западини, пікової напруги, напруги западини, напруги розчину
ГОСТ 18986.14-85	Діоди напівпровідникові. Методи вимірювання диференціального і динамічного опорів
ГОСТ 18986.16-72	Діоди напівпровідникові випрямні. Методи вимірювання середнього значення прямої напруги і середнього значення зворотного струму
ГОСТ 18986.18-73	Варіаколи. Метод вимірювання температурного коефіцієнта смістості
ГОСТ 18986.19-73	Варіаколи. Метод вимірювання добротності
ГОСТ 18986.24-83	Діоди напівпровідникові. Метод вимірювання пробивної напруги
ГОСТ 19656.0-74	Діоди напівпровідникові СВЧ. Методи вимірювання електричних параметрів. Загальні положення
ГОСТ 19656.1-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі і детекторні. Метод вимірювання коефіцієнта стоячої хвилі по напрузі
ГОСТ 19656.2-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі. Метод вимірювання випрямленого струму
ГОСТ 19656.3-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі. Методи вимірювання вихідного опору на проміжній частоті
ГОСТ 19656.4-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі. Методи вимірювання втрат перетворення
ГОСТ 19656.5-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі і детекторні. Методи вимірювання шумового відношення
ГОСТ 19656.6-74	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі. Методи вимірювання нормованого коефіцієнта шуму
ГОСТ 19656.7-74	Діоди напівпровідникові СВЧ детекторні. Метод вимірювання чутливості по струму
ГОСТ 19656.9-79	Діоди напівпровідникові СВЧ параметричні і умножительные. Методи вимірювання постійного часу і граничної частоти
ГОСТ 19656.10-88	Діоди напівпровідникові надвисокочастотні перемикачі і обмежувальні. Методи вимірювання опорів втрат
ГОСТ 19656.12-76	Діоди напівпровідникові СВЧ змішувачі. Метод вимірювання повного вхідного опору
ГОСТ 19656.13-76	Діоди напівпровідникові СВЧ детекторні. Методи вимірювання тангенціальної чутливості
ГОСТ 19656.14-79	Діоди напівпровідникові СВЧ перемикачі. Метод вимірювання критичної частоти
ГОСТ 19656.15-84	Діоди напівпровідникові СВЧ. Методи вимірювання теплового опору перехід-корпус і імпульсного теплового опору
ГОСТ 19656.16-86	Діоди напівпровідникові СВЧ обмежувальні. Метод вимірювання порогової потужності, що просочується
ГОСТ 19834.4-79	Діоди напівпровідникові випромінюючі інфрачервоні. Методи вимірювання потужності випромінювання
ГОСТ 19834.5-80	Діоди напівпровідникові інфрачервоні випромінюючі. Метод вимірювання тимчасових параметрів імпульсу випромінювання
ГОСТ 20215-84	Діоди напівпровідникові надвисокочастотні. Загальні технічні умови
ГОСТ 23448-79	Діоди напівпровідникові інфрачервоні випромінюючі. Основні розміри
ГОСТ 25529-82	Діоди напівпровідникові. Терміни, визначення і буквені позначення параметрів
ГОСТ 28625-90 (МЭК 747-3-2-86)	Прилади напівпровідникові. Дискретні прилади. Частина 3. Сигнальні діоди (включаючи перемикачі) і діоди-регулятори струму і напруги. Розділ 2. Форма технічних умов на стабілітрони і опорні діоди, за винятком прецизійних опорних діодів з тим
ГОСТ 29209-91 (МЭК 747-2-83)	Прилади напівпровідникові. Дискретні прилади і інтегральні схеми. Частина 2. Випрямні діоди
ГОСТ 29210-91 (МЭК 747-3-85)	Прилади напівпровідникові. Дискретні прилади. Частина 3. Сигнальні діоди (включаючи перемикачі) і діоди-регулятори струму і напруги
ГОСТ 19138.0-85	Тиристори. Загальні вимоги до методів вимірювання параметрів
ГОСТ 19138.1-85	Тиристори. Метод вимірювання напруги перемикачів
ГОСТ 19138.2-85	Тиристори тріодні. Метод вимірювання відмакуючого постійного і імпульсного струму управління і відмакуючої постійної і імпульсної напруги управління
ГОСТ 19138.3-85	Тиристори тріодні. Метод вимірювання часу виключення
ГОСТ 19138.4-73	Тиристори. Метод вимірювання часу включення, наростання і затримки
ГОСТ 19138.5-85	Тиристори тріодні. Метод вимірювання часу включення, наростання і затримки
ГОСТ 19138.6-86	Тиристори. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 19138.7-74	Тиристори. Метод вимірювання імпульсного замикаючого струму управління, імпульсної замикаючої напруги управління, імпульсного коефіцієнта замикачів
ГОСТ 20332-84	Тиристори. Терміни, визначення і буквені позначення параметрів
ГОСТ 24173-80	Тиристори. Основні параметри
ГОСТ 15172-70	Транзистори. Перелік основних і довідкових електричних параметрів
ГОСТ 17466-80	Транзистори біполярні і польові. Основні параметри
ГОСТ 18604.0-83	Транзистори біполярні. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів

Продовження таблиці А8

ГОСТ 18604.1-80	Транзистори біполярні. Метод вимірювання постійною часу ланцюга зворотного зв'язку на високій частоті
ГОСТ 18604.2-80	Транзистори біполярні. Методи вимірювання статичного коефіцієнта передачі струму
ГОСТ 18604.3-80	Транзистори біполярні. Методи вимірювання ємкості колекторного і емітерного переходів
ГОСТ 18604.4-74	Транзистори. Метод вимірювання зворотного струму колектора
ГОСТ 18604.5-74	Транзистори. Метод вимірювання зворотного струму колектора-емітера
ГОСТ 18604.6-74	Транзистори. Метод вимірювання зворотного струму емітера
ГОСТ 18604.7-74	Транзистори. Метод вимірювання коефіцієнта передачі струму
ГОСТ 18604.8-74	Транзистори. Метод вимірювання вихідної провідності
ГОСТ 18604.9-82	Транзистори біполярні. Методи визначення граничної і граничної частот коефіцієнта передачі струму
ГОСТ 18604.10-76	Транзистори біполярні. Метод вимірювання вхідного опору
ГОСТ 18604.11-88	Транзистори біполярні. Метод вимірювання коефіцієнта шуму на високих і надвисоких частотах
ГОСТ 18604.13-77	Транзистори біполярні СВЧ генераторні. Методи вимірювання вихідної потужності і визначення коефіцієнта посилення по потужності і коефіцієнта корисної дії колектора
ГОСТ 18604.14-77	Транзистори біполярні СВЧ генераторні. Метод вимірювання модуля коефіцієнта зворотної передачі напруги в схемі із загальною базою на високій частоті
ГОСТ 18604.15-77	Транзистори біполярні СВЧ генераторні. Методи вимірювання критичного струму
ГОСТ 18604.16-78	Транзистори біполярні. Метод вимірювання коефіцієнта зворотного зв'язку по напрузі в режимі малого сигналу
ГОСТ 18604.19-88	Транзистори біполярні. Метод вимірювання граничної напруги
ГОСТ 18604.20-78	Транзистори біполярні. Метод вимірювання коефіцієнта шуму на низькій частоті
ГОСТ 18604.22-78	Транзистори біполярні. Методи вимірювання напруги насичення колектор-емітер і база-емітер
ГОСТ 18604.23-80	Транзистори біполярні. Метод вимірювання коефіцієнтів комбінаційних складових
ГОСТ 18604.24-81	Транзистори біполярні високочастотні. Метод вимірювання вихідної потужності коефіцієнта посилення по потужності і коефіцієнта корисної дії колектора
ГОСТ 18604.26-85	Транзистори біполярні. Методи вимірювання тимчасових параметрів
ГОСТ 18604.27-86	Транзистори біполярні могутні високовольтні. Метод вимірювання пробивної напруги колектор-база (емітер-база) при нульовому струмі емітера (колектора)
ГОСТ 19095-73	Транзистори польові. Терміни, визначення і буквенні позначення параметрів
ГОСТ 20003-74	Транзистори біполярні. Терміни, визначення і буквенні позначення параметрів
ГОСТ 20398.0-83	Транзистори польові. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів
ГОСТ 20398.1-74	Транзистори польові. Метод вимірювання модуля повної провідності прямої передачі
ГОСТ 20398.2-74	Транзистори польові. Метод вимірювання коефіцієнта шуму
ГОСТ 20398.3-74	Транзистори польові. Метод вимірювання крутизни характеристики
ГОСТ 20398.4-74	Транзистори польові. Метод вимірювання активною складовою вихідної провідності
ГОСТ 20398.5-74	Транзистори польові. Метод вимірювання вхідний, прохідний і вихідний ємкостей
ГОСТ 20398.6-74	Транзистори польові. Метод вимірювання струму витoku затвора
ГОСТ 20398.7-74	Транзистори польові. Метод вимірювання порогової напруги і напруги відсічення
ГОСТ 20398.8-74	Транзистори польові. Метод вимірювання початкового струму стоку
ГОСТ 20398.9-80	Транзистори польові. Метод вимірювання крутизни характеристики в імпульсному режимі
ГОСТ 20398.10-80	Транзистори польові. Метод вимірювання струму стоку в імпульсному режимі
ГОСТ 20398.11-80	Транзистори польові. Метод вимірювання ЕДС шуму
ГОСТ 20398.12-80	Транзистори польові. Метод вимірювання залишкового струму стоку
ГОСТ 20398.13-80	Транзистори польові. Метод вимірювання опору стік-витік
ГОСТ 20398.14-88	Транзистори польові. Метод вимірювання вихідної потужності, коефіцієнта посилення по потужності і коефіцієнта корисної дії стоку
ГОСТ 27264-87	Транзистори силові біполярні. Методи вимірювань
ГОСТ 18986.15-75	Стабілітрони напівпровідникові. Метод вимірювання напруги стабілізації
ГОСТ 18986.17-73	Стабілітрони напівпровідникові. Метод вимірювання температурного коефіцієнта напруги стабілізації
ГОСТ 18986.20-77	Стабілітрони напівпровідникові прецизійні. Метод вимірювання часу виходу на режим
ГОСТ 18986.21-78	Стабілітрони і стабілізатори напівпровідникові. Метод вимірювання тимчасової нестабільності напруги стабілізації
ГОСТ 18986.22-78	Стабілітрони напівпровідникові. Методи вимірювання диференціального опору
ГОСТ 18986.23-80	Стабілітрони напівпровідникові. Методи вимірювання спектральної щільності шуму
ГОСТ 19834.0-75	Випромінювачі напівпровідникові. Загальні вимоги при вимірюванні параметрів
ГОСТ 19834.2-74	Випромінювачі напівпровідникові. Методи вимірювання сили випромінювання і енергетичної яскравості

Продовження таблиці А8

ГОСТ 19834.3-76	Випромінювачі напівпровідникові. Метод вимірювання відносного спектрального розподілу енергії випромінювання і ширини спектру випромінювання
ГОСТ 24041-80	Таситрони. Основні параметри
ГОСТ 24352-80	Випромінювачі напівпровідникові. Основні параметри
ГОСТ 24376-91	Інвертори напівпровідникові. Загальні технічні умови
ГОСТ 24607-88	Перетворювачі частоти напівпровідникові. Загальні технічні вимоги
Електронні лампи	
ГОСТ 2.731-81	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Прилади електровакуумні
ГОСТ 4.443-86	Система показників якості продукції. Кінескопи кольорового зображення. Номенклатура показників
ГОСТ 4.444-86	Система показників якості продукції. Кінескопи чорно-білого зображення. Номенклатура показників
ГОСТ 1914-81	Лампи генераторні, підсилювальні, випрямні, регулюючі і модулятори потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Загальні технічні умови
ГОСТ 2182-75	Прилади електровакуумні. Напряга анода і напруження
ГОСТ 3839-70	Лампи електронні малопотужні. Методи випробувань на довговічність
ГОСТ 7428-74	Лампи підсилювальні, випрямні і генераторні потужністю, що тривало розсіюється анодом, до 25 Вт, індикатори вакуумні. Загальні технічні умови
ГОСТ 7842-71	Прилади електровакуумні. Розміри прієднувальні. Розташування штырьков. Калібри
ГОСТ 8090-73	Лампи приймально-підсилювальні і генераторні потужністю, що тривало розсіюється анодом, до 25 Вт. Методи вимірювання струму і напруги напруження
ГОСТ 8106-70	Лампи електронні малопотужні. Методи випробувань на внутрішньолампові замикання і обриви
ГОСТ 8490-77	Трубки рентгенівські. Загальні технічні умови
ГОСТ 10413-84	Кінескопи чорно-білого зображення. Загальні технічні умови
ГОСТ 11163-84	Прилади газорозрядні. Загальні технічні умови
ГОСТ 12491-67	Прилади електронно-променеві приймальні. Методи вимірювання яскравості свічення екранів
ГОСТ 13820-77	Прилади електровакуумні. Терміни і визначення
ГОСТ 14205-84	Трубки електронно-променеві передавальні телевізійні. Загальні технічні умови
ГОСТ 15962-84	Трубки електронно-променеві приймальні. Загальні технічні умови
ГОСТ 16755-71	Прилади електроннопроменеві приймальні. Метод вимірювання нерівномірності яскравості свічення екрану
ГОСТ 17450-78	Тиратрони імпульсні. Основні параметри
ГОСТ 17451-78	Газотрони імпульсні. Основні параметри
ГОСТ 17452-78	Ігнітрони. Основні параметри
ГОСТ 17457-72	Тиратрони тліючого розряду. Основні параметри
ГОСТ 17470-70	Фотопомножувачі. Основні параметри
ГОСТ 17485-77	Фотоселементи електровакуумні. Основні параметри
ГОСТ 17487-72	Трубки осцилографічні з магнітним відхиленням світляши. Основні параметри і розміри
ГОСТ 17639-72	Кінескопи для телевізійних приймачів чорно-білого зображення. Метод випробування на гарантійне напрацювання
ГОСТ 17791-82	Прилади електронно-променеві. Терміни і визначення
ГОСТ 17793-77	Кінескопи для чорно-білого телебачення. Основні параметри
ГОСТ 18485-73	Лампи модулятори для роботи в імпульсному режимі. Методи вимірювання імпульсної напруги на електродах
ГОСТ 18571-73	Кінескопи для кольорового телебачення. Метод вимірювання контрасту
ГОСТ 18588-73	Кінескопи для кольорового і чорно-білого телебачення. Метод вимірювання коефіцієнта якості катода
ГОСТ 18720-90	Трубки телевізійні передавальні. Методи вимірювання параметрів
ГОСТ 18862-73	Кінескопи для чорно-білого телебачення. Метод вимірювання контрасту
ГОСТ 18933-73	Трубки електронно-променеві приймальні (кінескопи). Методи випробування на вибухобезпечність
ГОСТ 19139-73	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання роздільної здатності
ГОСТ 19438.0-80	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання параметрів. Загальні положення
ГОСТ 19438.1-74	Лампи приймально-підсилювальні і генераторні потужністю, що тривало розсіюється анодом, до 25 Вт. Методи вимірювання динамічного коефіцієнта посилення і асиметрії посилення на низькій частоті
ГОСТ 19438.2-74	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання статичних міжнародних ємкостей

Продовження таблиці А8

ГОСТ 19438.3-74	Лампи приймально-підсилювальні і генераторні потужністю, що тривало розсіюється анодом, до 25 Вт. Метод вимірювання опору ізоляції між електродами, а також між електродами і іншими деталями ламп
ГОСТ 19438.4-74	Лампи приймально-підсилювальні і генераторні потужністю, що тривало розсіюється анодом, до 25 Вт. Методи вимірювання струму сіток, що управляють
ГОСТ 19438.6-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання коефіцієнта посилення
ГОСТ 19438.7-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання крутизни характеристики
ГОСТ 19438.8-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання струму електронної емісії катода
ГОСТ 19438.9-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання внутрішнього опору
ГОСТ 19438.10-75	Лампи електронні малопотужні. Методи випробування і вимірювання параметрів у випрямному режимі
ГОСТ 19438.11-75	Лампи електронні малопотужні. Метод вимірювання напруги гудіння
ГОСТ 19438.12-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання анода і струмів сіток, що мають позитивний потенціал щодо катода
ГОСТ 19438.13-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання крутизни перетворення і струмів електродів в преобразовательном режимі
ГОСТ 19438.14-75	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання вихідної потужності і створених лампою нелінійних спотворень при випробуванні ламп в режимах низькочастотного посилення
ГОСТ 19438.15-77	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання еквівалентного опору шумів
ГОСТ 19438.16-77	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання вхідних опорів
ГОСТ 19438.17-77	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання часу розігрівання і часу готовності
ГОСТ 19438.18-78	Лампи електронні малопотужні. Метод випробування на багатократні включення і виключення напруги напруження
ГОСТ 19438.19-78	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання віброшумів і мікрофонного ефекту
ГОСТ 19438.20-79	Лампи електронні малопотужні. Методи вимірювання температури балона
ГОСТ 19438.21-79	Лампи електронні малопотужні для вихідних каскадів блоків рядкової розгортки телевізійних приймачів. Методи вимірювання електричних параметрів і випробувань на довговічність
ГОСТ 19748.2-74	Трубки електронно-променевої функціональні. Методи вимірювання основних параметрів
ГОСТ 19785-88	Трубки електронно-променевої приймальні. Методи вимірювання і контролю параметрів
ГОСТ 20186-74	Індикатори вакуумні люминисцентные. Основні параметри
ГОСТ 20271.1-91	Вироби електронні СВЧ. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 20271.3-91	Вироби електронні СВЧ. Методи вимірювання параметрів модулюючого імпульсу
ГОСТ 20412-75	Лампи генераторні, модуляторні і регулюючі. Терміни і визначення
ГОСТ 20526-82	Прилади електровакuumні фотосекторні. Терміни і визначення
ГОСТ 20693-75	Кенотрони високовольтні. Терміни і визначення
ГОСТ 20724-83	Прилади газорозрядні. Терміни і визначення
ГОСТ 21011.0-75	Кенотрони високовольтні. Методи вимірювання електричних параметрів. Загальні положення
ГОСТ 21011.1-76	Кенотрони високовольтні. Метод вимірювання струму анода
ГОСТ 21011.2-76	Кенотрони високовольтні. Метод вимірювання струму анода в імпульсі
ГОСТ 21011.3-77	Кенотрони високовольтні. Метод вимірювання струму напруження
ГОСТ 21011.4-77	Кенотрони високовольтні. Методи випробування на електричну міцність
ГОСТ 21011.5-78	Кенотрони високовольтні. Методи вимірювання часу розігрівання катода і перевірки часу готовності
ГОСТ 21011.6-78	Кенотрони високовольтні. Метод випробування на багатократні включення і виключення напруги напруження
ГОСТ 21011.7-80	Кенотрони високовольтні. Методи вимірювання струму емісії
ГОСТ 21059.0-75	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Загальні положення проведення вимірювань електричних і світотехнічних параметрів
ГОСТ 21059.1-75	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання яскравості і нерівномірності яскравості свічення екрану
ГОСТ 21059.2-75	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи визначення коефіцієнта газності
ГОСТ 21059.3-75	Кінескопи для чорно-білого телебачення. Методи визначення величини v
ГОСТ 21059.4-76	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Метод вимірювання опору зовнішнього провідного покриття
ГОСТ 21059.5-76	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання кольоровості і нерівномірності кольорового свічення екрану
ГОСТ 21059.6-79	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання струмів напруження, анода і катода

Продовження таблиці А8

ГОСТ 21059.7-79	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання струмів витоку
ГОСТ 21059.8-79	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання замикаючої напруги
ГОСТ 21059.9-79	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Методи вимірювання напруги модуляції
ГОСТ 21059.10-79	Кінескопи для чорно-білого і кольорового телебачення. Метод вимірювання фокусуючої напруги
ГОСТ 21106.0-75	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання електричних параметрів. Загальні положення
ГОСТ 21106.1-75	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи випробування на багатократні включення і виключення напруги напруження
ГОСТ 21106.2-75	Лампи генераторні потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод вимірювання відносного рівня комбінаційних складових
ГОСТ 21106.3-76	Лампи генераторні потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод випробування на електричну міцність
ГОСТ 21106.4-76	Лампи модуляторні імпульсні потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод випробування на електричну міцність
ГОСТ 21106.5-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання струму і напруги напруження
ГОСТ 21106.6-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювань струмів анода і сіток, що мають позитивний потенціал щодо катода і нульових струмів анода і сіток
ГОСТ 21106.7-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод вимірювання струму катода
ГОСТ 21106.8-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання струму емісії катода
ГОСТ 21106.9-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод вимірювання струмів анода і сіток в імпульсі
ГОСТ 21106.10-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювань зворотних струмів першої сітки і анода
ГОСТ 21106.11-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювань термоелектронного струму першої сітки
ГОСТ 21106.12-77	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод вимірювання струмів витоку між електродами і між катодами і підігрівачем
ГОСТ 21106.13-78	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання статичних міжуделектродних ємкостей
ГОСТ 21106.14-78	Лампи генераторні, модулятори і регулюючі потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання напруги замикаючої, зсуву, крутизни характеристики, коефіцієнта посилення
ГОСТ 21106.15-79	Лампи модуляторні, імпульсні потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Метод контролю часу готовності
ГОСТ 21106.16-79	Лампи генераторні потужністю, що розсіюється анодом, понад 25 Вт. Методи вимірювання потужності, вхідної напруги і визначення частотних характеристик
ГОСТ 21107.0-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів. Загальні положення
ГОСТ 21107.1-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів стабілітронів
ГОСТ 21107.2-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів тиратронів і газотронів з розжареним катодом
ГОСТ 21107.3-75	Прилади газорозрядні. Дікатрони. Поліатрони. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 21107.4-75	Прилади газорозрядні. Ігнітрони. Методи вимірювання параметрів
ГОСТ 21107.5-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів тиратронів і газотронів тліючого розряду
ГОСТ 21107.6-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів знакосинтезуючих індикаторів
ГОСТ 21107.7-75	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів іскрових розрядників
ГОСТ 21107.8-76	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів імпульсних діодів
ГОСТ 21107.9-76	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів імпульсних тиратронів
ГОСТ 21107.10-78	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів режимів експлуатації і режимів вимірювань тиратронів і газотронів тліючого розряду
ГОСТ 21107.11-78	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів режимів експлуатації і режимів індикаторів тліючого розряду

Продовження таблиці А8

ГОСТ 21107.12-78	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів режимів експлуатації і режимів вимірювань іскрових розрядників
ГОСТ 21107.13-78	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів режимів експлуатації і режимів вимірювань імпульсних тиратронів і газотронів
ГОСТ 21107.14-80	Прилади газорозрядні. Методи вимірювання електричних параметрів таситронов
ГОСТ 21815.0-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Загальні вимоги при вимірюванні енергетичних і оптичних параметрів
ГОСТ 21815.1-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання інтегральної чутливості фотокатода і чутливості фотокатода з фільтром
ГОСТ 21815.2-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання коефіцієнта перетворення
ГОСТ 21815.3-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання коефіцієнта посилення яскравості
ГОСТ 21815.4-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання яскравості темного фону
ГОСТ 21815.5-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Контроль випробувальною напругою
ГОСТ 21815.6-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод контролю розміру робочого діаметру фотокатода
ГОСТ 21815.7-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання коефіцієнта контрастності
ГОСТ 21815.8-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання межі дозволу
ГОСТ 21815.9-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання робочого дозволу
ГОСТ 21815.10-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання електронно-оптичного збільшення
ГОСТ 21815.11-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання порогової освітленості
ГОСТ 21815.12-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод контролю ексцентриситету
ГОСТ 21815.13-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання повороту зображення на екрані
ГОСТ 21815.14-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання відведення зображення
ГОСТ 21815.15-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод контролю ступеня чистоти поля зору
ГОСТ 21815.16-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання коефіцієнта нерівномірності яскравості екрану
ГОСТ 21815.17-86	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання показника скупчення світляниці
ГОСТ 21815.18-90	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод вимірювання просторової частотно-контрастної характеристики
ГОСТ 21815.19-90	Перетворювачі електронно-оптичні. Методи вимірювання відношення сигнал-шум
ГОСТ 22052-76	Відікони. Основні розміри
ГОСТ 22060-76	Прилади електровакуумні в надмінійторному скляному оформленні. Основні розміри
ГОСТ 22603-77	Кінескопи для чорно-білого телебачення. Основні розміри
ГОСТ 23010-78	Індикатори тліючого розряду. Основні параметри
ГОСТ 23197-78	Камери рентгенівські бестатронні. Загальні технічні умови
ГОСТ 23769-79	Прилади електронні і пристрої захисні СВЧ. Терміни, визначення і буквені позначення
ГОСТ 25793-83	Трубки осцилографічні ширококуголі. Методи вимірювання параметрів
ГОСТ 27810-88	Трубки електронно-променевої преобразовательные. Методи вимірювання і контролю параметрів
ГОСТ 27943-88	Прилади фоточутливі з перенесенням заряду. Загальні технічні умови
ГОСТ 28176-89 (МЭК 151-28-78)	Кінескопи для кольорового телебачення. Методи вимірювання параметрів
ГОСТ 28855-90	Трубки електронно-променевої приймальні. Вимоги до живильної напруги, що управляє
	Електронні дисплеї *Включаючи дисплеї на рідких кристалах
ГОСТ 21803.1-76	Індикатори вакуумні. Методи вимірювання струму і напруги напруження
ГОСТ 21803.2-76	Індикатори вакуумні. Методи вимірювання струму анода сегменту
ГОСТ 21803.3-76	Індикатори вакуумні. Методи вимірювання струму сітки, що має позитивний потенціал щодо катода
ГОСТ 23618-79	Вироби з феритів і магнітодіелектриків. Терміни і визначення
ГОСТ 24354-80	Індикатори знакосинтезующие напівпровідникові. Основні розміри
ГОСТ 24891-81	Індикатори знакосинтезующие газорозрядні. Основні параметри
ГОСТ 25024.0-83	Індикатори знакосинтезующие. Загальні вимоги при вимірюванні параметрів
ГОСТ 25024.1-81	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання часу готовності
ГОСТ 25024.2-83	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання часу реакції і часу релаксації
ГОСТ 25024.3-83	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання струму і напруги
ГОСТ 25024.4-85	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання яскравості, сили світла, нерівномірності яскравості і нерівномірності сили світла
ГОСТ 25024.5-87	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання власного контрасту яскравості і нерівномірності власного контрасту яскравості
ГОСТ 25024.6-88	Індикатори знакосинтезующие газорозрядні матричні. Методи вимірювання електричних параметрів

Продовження таблиці А8

ГОСТ 25024.7-90	Індикатори знакосинтезующие. Методи вимірювання спектральних характеристик і координат кольоровості
ГОСТ 25066-91	Індикатори знакосинтезующие. Терміни, визначення і буквені позначення
ГОСТ 27016-86	Дисплеї на електронно-променевих трубках. Загальні технічні умови
ГОСТ 27943-88	Прилади фоточутливі з перенесенням заряду. Загальні технічні умови
П'єзоелектричні і діелектричні прилади	
ГОСТ 2.736-68	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи п'єзоелектричні і магнітострикційні, лінії затримки
МЭК 302-2000	Резонатори п'єзоелектричні. Методи вимірювання параметрів п'єзоелектричних резонаторів, що працюють в діапазоні частот від 30 МГц
ГОСТ МЭК МЭК 444-1-2000	Резонатори кварцеві. Вимірювання параметрів фазовим методом в П-образному чотириполюснику. Частина 1. Основний фазовий метод вимірювання резонансної частоти і резонансного опору кварцевих резонаторів в П-образному чотириполюснику
ГОСТ 18669-73	Резонатори п'єзоелектричні. Терміни і визначення
ГОСТ 21712-83	Резонатори п'єзоелектричні. Основні параметри
ГОСТ 22866-77	Генератори кварцеві. Терміни і визначення
ГОСТ 23546-84	Резонатори п'єзоелектричні. Загальні технічні умови
ГОСТ 27124-86	Резонатори п'єзоелектричні виробничо-технічного призначення і для побутової радіоелектронної апаратури. Основні параметри
ГОСТ 30695-2000 (МЭК 679-2-81)	Генератори кварцеві. Частина 2. Керівництво по застосуванню кварцевих генераторів
ГОСТ 30696-2000 (МЭК 122-2-83)	Генератори кварцеві для стабілізації і виділення частот. Частина 2. Керівництво по застосуванню кварцевих резонаторів для стабілізації і виділення частот
ГОСТ 30719-2000 (МЭК 642-79)	Вібратори і резонатори пьезокерамические для стабілізації і виділення частот. Розділ 1. Стандарти значення і умови експлуатації. Розділ 2. Умови проведення вимірювань і випробувань
Електричні фільтри	
ГОСТ 8.553-88	ГСИ. Фільтри електронні октавні і третьоктавні. Методика перевірки
ГОСТ МЭК МЭК 384-14-94	Конденсатори постійної ємкості для електронної апаратури. Частина 14. Групові технічні умови на конденсатори постійної ємкості для придушення електромагнітних перешкод і з'єднання з живлячими магістралями
ГОСТ 17597-78	Дроселі фільтрів випрямлячів. Основні параметри
ГОСТ 18670-84	Фільтри п'єзоелектричні і електромеханічні. Терміни і визначення
ГОСТ 21281-82	Фільтри п'єзоелектричні. Основні параметри
ГОСТ 27075-86	Фільтри п'єзоелектричні виробничо-технічного призначення і для побутової радіоелектронної апаратури. Основні параметри
Друкарські схеми і плати	
ГОСТ 2.417-91	Єдина система конструкторської документації. Плати друкарські. Правила виконання креслень
ГОСТ 2.709-89	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні проводів і контактних з'єднань електричних елементів, устаткування і ділянок ланцюгів в електричних схемах
ГОСТ 2.755-87	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в електричних схемах. Пристрої комутаційні і контактні з'єднання
ГОСТ 2.756-76	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Сприймаюча частина електромеханічних пристроїв
ГОСТ 2.758-81	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Сигнальна техніка
ГОСТ 2.759-82	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи аналогової техніки
ГОСТ 2.763-85	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в електричних схемах. Пристрої з імпульсно-кодовою модуляцією
ГОСТ 2.768-90	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Джерела електрохімічні, електротермічні і теплові
ГОСТ 3.1428-91	Єдина система технологічної документації. Правила оформлення документів на технологічні процеси (операції) виготовлення друкарських плат
ГОСТ 10317-79	Плати друкарські. Основні розміри
ГОСТ 17467-88	Мікросхеми інтегральні. Основні розміри
ГОСТ 20406-75	Плати друкарські. Терміни і визначення
ГОСТ 22318-77	Арматура переходів друкарських плат. Типи, конструкція і розміри, технічні вимоги
ГОСТ 23661-79	Плати друкарські багатопшарові. Вимоги до типового технологічного процесу пресування
ГОСТ 23662-79	Плати друкарські. Отримання заготовок фіксуючих і технологічних отворів. Вимоги до типових технологічних процесів

Продовження таблиці А8

ГОСТ 23663-79	Плати друкарські. Механічна зачистка поверхні. Вимоги до типового технологічного процесу
ГОСТ 23664-79	Плати друкарські. Отримання монтажних і таких, що підлягають металізації отворів. Вимоги до типових технологічних процесів
ГОСТ 23665-79	Плати друкарські. Обробка контура. Вимоги до типових технологічних процесів
ГОСТ 23751-86	Плати друкарські. Основні параметри конструкції
ГОСТ 23752-79	Плати друкарські. Загальні технічні умови
ГОСТ 23752.1-92 (МЭК 326-2-90)	Плати друкарські. Методи випробувань
ГОСТ 23770-79	Плати друкарські. Типові технологічні процеси хімічної і гальванічної металізації
ГОСТ 26164-84	Плати друкарські для виробів, що поставляються на експорт. Кроки сітки
ГОСТ 26246.0-89 (МЭК 249-1-82)	Матеріали електроізоляційні фольговані для друкарських плат. Методи випробувань
ГОСТ 26246.1-89 (МЭК 249-2-1-85)	Матеріал електроізоляційний фольгований для друкарських плат на основі целюлозного паперу, просоченого що фенольним пов'язує, що володіє високими електричними характеристиками. Технічні умови
ГОСТ 26246.2-89 (МЭК 249-2-2-85)	Матеріал електроізоляційний фольгований економічного сорту для друкарських плат на основі целюлозного паперу, просоченого що фенольним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.3-89 (МЭК 249-2-3-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований нормованої горючості для друкарських плат на основі целюлозного паперу, просоченого що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.4-89 (МЭК 249-2-4-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований загального призначення для друкарських плат на основі склотканини, просоченої що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.5-89 (МЭК 249-2-5-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований нормованої горючості для друкарських плат на основі склотканини, просоченої що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.6-89 (МЭК 249-2-6-85)	Матеріал електроізоляційний фольгований нормованої горючості для друкарських плат на основі целюлозного паперу, просоченого що фенольним пов'язує (горизонтальний метод горіння). Технічні умови
ГОСТ 26246.7-89 (МЭК 249-2-7-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований нормованої горючості для друкарських плат на основі целюлозного паперу, просоченого що фенольним пов'язує (вертикальний метод горіння). Технічні умови
ГОСТ 26246.8-89 (МЭК 249-2-8-87)	Плівка поліэфірная фольгованная для гнучких друкарських плат. Технічні умови
ГОСТ 26246.9-89 (МЭК 249-2-10-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований нормованої горючості для друкарських плат на основі нетканой (тканюю) склотканини, просоченої що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.10-89 (МЭК 249-2-11-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований тонкий загального призначення для багатошарових друкарських плат на основі склотканини, просоченої що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.11-89 (МЭК 249-2-12-87)	Матеріал електроізоляційний фольгований тонкий нормованої горючості для багатошарових друкарських плат на основі склотканини, просоченої що епоксидним пов'язує. Технічні умови
ГОСТ 26246.12-89 (МЭК 249-2-13-87)	Плівка полиимидная фольгованная загального призначення для гнучких друкарських плат. Технічні умови
ГОСТ 26246.13-89 (МЭК 249-2-15-87)	Плівка полиимидная фольгованная нормованої горючості для гнучких друкарських плат. Технічні умови
ГОСТ 26246.14-91 (МЭК 249-3-1-81)	Матеріали електроізоляційні фольговані для друкарських плат. Склеююча прокладка, використовується при виготовленні багатошарових друкарських плат. Технічні умови
ГОСТ 26575-85	Отвори кризі циліндрові для установки електрорадиоэлементів. Розміри
ГОСТ 27200-87	Плати друкарські. Правила ремонту
ГОСТ 27716-88	Фотошаблони друкарських плат. Загальні технічні умови
ГОСТ 29137-91	Формування виводів і установка виробів електронної техніки на друкарські плати. Загальні вимоги і норми конструювання
	Електронні компоненти в зборі *Включаючи заздалегідь зібрані модулі
ГОСТ 20.57.406-81	Комплексна система контролю якості. Вироби електронної техніки, квантової електроніки і електротехнічні. Методи випробувань
ГОСТ 16962-71	Вироби електронної техніки і електротехніки. Механічні і кліматичні дії. Вимоги і методи випробувань
ГОСТ 20935-91	Кріоелектроніка. Терміни і визначення
ГОСТ 21493-76	Вироби електронної техніки. Вимоги по сохрняемости і методи випробувань
ГОСТ 23088-80	Вироби електронної техніки. Вимоги до упаковки, транспортуванню і методи випробувань
ГОСТ 24927-81	Вироби електронної техніки. Загальні вимоги до тимчасового протикорозійного захисту і методи випробувань

Продовження таблиці А8

ГОСТ 25359-82	Вироби електронної техніки. Загальні вимоги по надійності і методи випробувань
ГОСТ 25360-82	Вироби електронної техніки. Правила приймання
ГОСТ 25467-82	Вироби електронної техніки. Класифікація за умовами застосування і вимоги по стійкості до зовнішніх впливаючих чинників
ГОСТ 25874-83	Апаратура радіоелектронна, електронна і електрична. Умовні функціональні позначення
ГОСТ 26080-84	Радіоелектронна апаратура і вироби електронної техніки. Загальні вимоги до захисту від дії шкідливих грибів
ГОСТ 26765.52-87	Інтерфейс магістральний послідовний системи електронних модулів. Загальні вимоги інтегральні схеми. Мікроелектроніка *Включаючи електронні мікросхеми, логічні і аналогові мікроструктури *Мікропроцесори
ГОСТ 4.465-87	Система показників якості продукції. Мікросхеми інтегральні. Номенклатура показників
ГОСТ 17021-88	Мікросхеми інтегральні. Терміни і визначення
ГОСТ 17230-71	Мікросхеми інтегральні. Ряд живлячої напруги
ГОСТ 17447-72	Мікросхеми інтегральні для цифрових обчислювальних машин і пристроїв дискретної автоматки. Основні параметри
ГОСТ 17467-88	Мікросхеми інтегральні. Основні розміри
ГОСТ 18683.0-83	Мікросхеми інтегральні цифрові. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів
ГОСТ 18683.1-83	Мікросхеми інтегральні цифрові. Методи вимірювання статичних електричних параметрів
ГОСТ 18683.2-83	Мікросхеми інтегральні цифрові. Методи вимірювання динамічних електричних параметрів
ГОСТ 18725-83	Мікросхеми інтегральні. Загальні технічні умови
ГОСТ 19480-89	Мікросхеми інтегральні. Терміни, визначення і буквені позначення електричних параметрів
ГОСТ 19799-74	Мікросхеми інтегральні аналогові. Методи вимірювання електричних параметрів і визначення характеристик
ГОСТ 20281-74	Мікромодулі конструкції етажерки. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 23070-78	Аналіз і оптимізація на ЕОМ радіоелектронних схем. Терміни і визначення
ГОСТ 23089.0-78	Мікросхеми інтегральні. Загальні вимоги при вимірюванні електричних параметрів операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.1-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання коефіцієнта посилення операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.2-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання максимальної вихідної напруги операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.3-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання напруги і ЕДС зсуви нуля операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.4-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання вхідних струмів і різниці вхідних струмів операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.5-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання струму споживання і споживаної потужності операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.6-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання часу встановлення вихідної напруги операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.7-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання коефіцієнта впливу нестабільності джерел живлення на напругу і ЕДС зсуви нуля операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.8-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання середнього температурного дрейфу напруги і ЕДС зсуви нуля операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.9-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання середнього температурного дрейфу вхідних струмів і різниці вхідних струмів операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.10-83	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання максимальної швидкості і часу наростання вихідної напруги операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.11-83	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання коефіцієнта ослаблення синфазної вхідної напруги операційних підсилювачів і компараторів напруги
ГОСТ 23089.12-86	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання шумових параметрів операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.13-86	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання частоти зрізу і частоти одиночного посилення операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.14-88	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання часу затримки включення і виключення компараторів напруги
ГОСТ 23089.15-90	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання частоти повної потужності операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.16-90	Мікросхеми інтегральні. Метод вимірювання запаса стійкості по фазі операційних підсилювачів
ГОСТ 23089.17-90	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання вхідного і вихідного опору операційних підсилювачів
ГОСТ 23622-79	Елементи логічні інтегральних мікросхем. Основні параметри

Продовження таблиці А8

ГОСТ 24459-80	Мікросхеми інтегральні пристроїв, що залямаютьовують, і елементів пристроїв, що залямаютьовують. Основні параметри
ГОСТ 24460-80	Мікросхеми інтегральні цифрових пристроїв. Основні параметри
ГОСТ 24613.0-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Загальні положення при вимірюванні електричних параметрів
ГОСТ 24613.1-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання прохідної ємкості
ГОСТ 24613.2-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання струму витoku
ГОСТ 24613.3-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання вхідної напруги
ГОСТ 24613.4-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання часу включення і виключення комутаторів аналогових сигналів і навантаження
ГОСТ 24613.5-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання нульового вихідного залишкової напруги комутаторів аналогових сигналів і навантаження
ГОСТ 24613.6-81	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання напруги ізоляції
ГОСТ 24613.7-83	Оптопари резистори. Метод вимірювання світлового і темного вихідного опору
ГОСТ 24613.8-83	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання критичної швидкості зміни напруги ізоляції
ГОСТ 24613.9-83	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання тимчасових параметрів
ГОСТ 24613.10-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання струму перешкоди і напруги перешкоди низького і високого рівнів перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.11-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання вхідної напруги низького і високого рівнів перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.12-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання вихідної напруги низького і високого рівнів перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.13-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання вихідного струму короткого замикання перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.14-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання струмів споживання при низькому і високому рівнях вихідної напруги перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.15-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання струму споживання перемикання і тривалості струму споживання перемикання перемикачів логічних сигналів
ГОСТ 24613.16-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання початкової залишкової напруги комутаторів аналогових сигналів
ГОСТ 24613.17-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні. Метод вимірювання вихідного диференціального опору комутаторів аналогових сигналів
ГОСТ 24613.18-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання опору ізоляції
ГОСТ 24613.19-77	Мікросхеми інтегральні оптоелектронні і оптопари. Метод вимірювання коефіцієнта передачі по струму
ГОСТ 26949-86	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання електричних параметрів безперервних стабілізаторів напруги
ГОСТ 26975-86	Мікросборки. Терміни і визначення
ГОСТ 27694-88	Мікросхеми інтегральні. Підсилювачі низької, проміжної і високої частоти. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 27780-88 (МЭК 748-1-84)	Мікросхеми інтегральні. Комутатори і ключі. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 28111-89	Мікросборки на циліндрових магнітних доменах. Терміни і визначення
ГОСТ 28623-90 (МЭК 747-10-84)	Прилади напівпровідникові. Частина 10. Загальні технічні умови на дискретні прилади і інтегральні мікросхеми
ГОСТ 28814-90	Мікросхеми інтегральні. Методи вимірювання електричних параметрів схем управління імпульсними стабілізаторами напруги
ГОСТ 29106-91 (МЭК 748-1-84)	Прилади напівпровідникові. Мікросхеми інтегральні. Частина 1. Загальні положення
ГОСТ 29107-91 (МЭК 748-2-85)	Прилади напівпровідникові. Мікросхеми інтегральні. Частина 2. Цифрові інтегральні схеми
ГОСТ 29108-91 (МЭК 748-3-86)	Прилади напівпровідникові. Мікросхеми інтегральні. Частина 3. Аналогові інтегральні схеми
ГОСТ 29109-91 (МЭК 748-4-87)	Прилади напівпровідникові. Мікросхеми інтегральні. Частина 4. Інтерфейсні інтегральні схеми
ГОСТ 30350-96	Мікросхеми інтегральні аналогові. Загальні вимоги до вимірювальної апаратури і умов вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 30618-99	Модулі напівпровідникові інтегральні. Загальні технічні вимоги

Продовження таблиці А8

	Електроμηχανічні компоненти електронного устаткування і телекомунікаційного устаткування
ГОСТ 26895-86	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування закріплення контактів
ГОСТ 26896-86	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування міцності закріплення ізолятора в корпусі в осьовому напрямі
ГОСТ 27276-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод електричних і механічних випробувань на зносостійкість
ГОСТ 27277-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод перевірки утримуючого зусилля пружних контактів
ГОСТ 27278-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування міцності кабельного затиску до вигину
ГОСТ 27279-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування міцності кабельного затиску до обертання кабелю
ГОСТ 27280-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування міцності кабельного затиску до скручування кабелю
ГОСТ 27281-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування міцності кабельного затиску до натягнення кабелю
ГОСТ 27447-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод перевірки орієнтації з'єднувачів
ГОСТ 27448-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування перемикачів на електричне переваження
ГОСТ 27449-87	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод випробування замкового пристрою
ГОСТ 28017-89	Радіокомпоненти електроμηχανічні. Метод зміни моменту обертання і зусилля перемикачів
ГОСТ 28381-89 (МЭК 512-1-84, МЭК 512-2-85, МЭК 512-3-76, МЭК 512-4-76, МЭК 512-5-77, МЭК 512-6-84, МЭК 512-7-78, МЭК 512-8-84, МЭК 512-9-77)	Електроμηχανічні компоненти для електронної апаратури. Основні методи випробувань і вимірювань
ГОСТ 30169-94	Система типових конструкцій. Типи і основні розміри
ГОСТ 19104-88	З'єднувачі низькочастотні на напругу до 1500 В циліндричних. Основні параметри і розміри
ГОСТ 20265-83	З'єднувачі радіочастотні коаксiальні. Приєднувальні розміри
ГОСТ 21962-76	З'єднувачі електричні. Терміни і визначення
ГОСТ 23784-84	З'єднувачі низькочастотні на напругу до 1500 В і комбiновані. Загальні технічні умови
ГОСТ 23784-98	З'єднувачі низькочастотні низьковольтні і комбiновані. Загальні технічні умови
ГОСТ 28752-90 (МЭК 130-9-89)	З'єднувачі на частоті до 3 МГц. Частина 9. Циліндрові з'єднувачі для радіоапаратури і пов'язаної з ними акустичної апаратури
ГОСТ 19761-81	Перемикачі і вимикачі модульні кнопочні і клавішні. Загальні технічні умови
ГОСТ 22719-77	Мікроперемикачі і мікроперемикачі. Терміни і визначення
ГОСТ 25903-83	Вимикачі і перемикачі вакуумні високочастотні. Терміни і визначення
ГОСТ 27381-87	Мікроперемикачі і мікровимикачі. Загальні технічні умови
ГОСТ 27382-87	Перемикачі поворотні. Загальні технічні умови
ГОСТ 27383-87	"Перемикачі типу "Тумблер". Загальні технічні умови"
ГОСТ 28627-90 (МЭК 1020-1-89)	Електроμηχανічні перемикачі, використовувані в електронній апаратурі. Загальні технічні умови
ГОСТ 28811-90 (МЭК 1020-4-89)	"Електроμηχανічні перемикачі, використовувані в електронній апаратурі. Перемикачі важелів типу "Тумблер". Групові технічні умови"
ГОСТ 29011-91 (МЭК 1020-2-90)	Електроμηχανічні перемикачі для електронної апаратури. Частина 2. Групові технічні умови на поворотні перемикачі
ГОСТ 16541-76	Сердечники кільця з магнітомягких феритів. Основні розміри
ГОСТ 16840-78	Пелюстки штырьковые. Конструкція і розміри
ГОСТ 17426-72	Труби хвилеводні металеві. Загальні технічні умови
ГОСТ 17596-72	Трансформатори узгодження низькочастотні потужністю до 25 Вт. Основні параметри
ГОСТ 18614-79	Сердечники замкнуті Ш-образные з магнітомягких феритів. Основні розміри
ГОСТ 18629-73	Трансформатори живлення і дроселі фільтрів випрямлячів. Ряд електричних потенціалів
ГОСТ 18630-73	Трансформатори імпульсні. Основні параметри
ГОСТ 19150-84	Контакти магнітоуправляемые герметизовані. Загальні технічні умови
ГОСТ 19197-73	Сердечники броньові з феритів. Конструкція і розміри
ГОСТ 19726-79	Сердечники стрижневі і трубчасті з магнітомягких феритів. Основні розміри
ГОСТ 20249-80	Пластини і магнітопроводи пластинчасті для трансформаторів і дроселів. Типи і основні розміри

Продовження таблиці А8

ГОСТ 21057-75	Виводи-компачки приладів електровакуумних. Типи і присднувальні розміри
ГОСТ 22375-77	Пелюстки двосторонні, закріплені гвинтами або заклепками. Конструкція і розміри
ГОСТ 22376-77	Пелюстки односторонні, закріплені гвинтами або заклепками. Конструкція і розміри
ГОСТ 22742-77	Комплекти кріплення прямокутних з'єднувачів радіоелектронних виробів. Технічні умови
ГОСТ 23882-79	Магнітопроводи стрічкові ортогональні для багатифункціональних електронно-магнітних трансформаторів. Типи і основні розміри
ГОСТ 23920-79	Пелюстки трибічні, закріплені гвинтами або заклепками, або опресовуванням. Конструкція і розміри
ГОСТ 23921-79	Пелюстки чотиристоронні, закріплені гвинтами або пелюстками, або опресовуванням. Конструкція і розміри
ГОСТ 24011-80	Магнітопроводи стрічкові кільця. Конструкція і розміри
ГОСТ 25810-83	Контакти магнітоуправляемые герметизовані. Методи вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 28997-91 (МЭК 723-1-82)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 1. Загальні технічні умови
ГОСТ 28998-91 (МЭК 723-2-83)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 2. Групові технічні умови на сердечники з магнітних оксидних матеріалів, призначені для застосування в котушках індуктивності
ГОСТ 28999-91 (МЭК 723-2-1-83)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 2. Форма технічних умов на сердечники конкретних типів з магнітних оксидних матеріалів, призначені для застосування в котушках індуктивності. Ур
ГОСТ 29000-91 (МЭК 723-3-85)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 3. Групові технічні умови на сердечники з магнітних оксидних матеріалів, призначені для застосування в широкосмугових трансформаторах
ГОСТ 29001-91 (МЭК 723-3-1-85)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 3. Форма технічні умови на сердечники конкретних типів з магнітних оксидних матеріалів, призначені для застосування в широкосмугових трансформат
ГОСТ 29002-91 (МЭК 723-4-87)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 4. Групові технічні умови на сердечники з магнітних оксидних матеріалів для трансформаторів і дроселів, призначених для застосування в силових
ГОСТ 29003-91 (МЭК 723-4-1-87)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, вживаних в апаратурі телекомунікації. Частина 4. Форма технічних умов на сердечники конкретних типів з магнітних оксидних матеріалів для трансформаторів і дроселів, призначених для примене
ГОСТ 29004-91 (МЭК 367-1-82)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, використовуваних в апаратурі телекомунікації. Частина 1. Методи вимірювань
ГОСТ 29005-91 (МЭК 367-2-74)	Сердечники для котушок індуктивності і трансформаторів, використовуваних в апаратурі телекомунікації. Частина 2. Керівництво по складанню технічних умов
Механічні конструкції електронного устаткування	
ГОСТ 20862-81	Стійкі настановні кріпильні шестигранні з різьбовим кінцем і отвором. Конструкція і розміри
ГОСТ 20863-81	Стійкі настановні кріпильні круглі з лысками з різьбовим кінцем і отвором. Конструкція і розміри
ГОСТ 20864-81	Стійкі настановні кріпильні круглі з шліцом з різьбовим кінцем і отвором. Конструкція і розміри
ГОСТ 20865-81	Стійкі настановні кріпильні шестигранні з різьбовими отворами. Конструкція і розміри
ГОСТ 20866-81	Стійкі настановні кріпильні круглі з лысками і різьбовими отворами. Конструкція і розміри
ГОСТ 20867-81	Стійкі настановні кріпильні круглі з шліцом і різьбовими отворами. Конструкція і розміри
ГОСТ 20868-81	Стійкі настановні кріпильні. Технічні вимоги
ГОСТ 22623-77	Елементи кріплення виробів електронної техніки, керованих за допомогою валу. Основні розміри
ГОСТ 26765.20-91	Конструкції базові несуть радіоелектронних засобів. Система побудови і координатні розміри
ГОСТ 28601.1-90	Система конструкцій серії, що несуть, 482,6 мм. Панелі і стійки. Основні розміри
ГОСТ 28601.2-90	Система конструкцій серії, що несуть, 482,6 мм. Шафи і стоечные конструкції. Основні розміри
ГОСТ 28601.3-90	Система конструкцій, що несуть, 482,6 мм. Каркаси блокові і часткові вдвижные. Основні розміри
Оптоелектроніка. Лазерне устаткування *Включаючи фотоелементи	
ГОСТ 2.746-68	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в схемах. Генератори і підсилювачі квантові

Продовження таблиці А8

ГОСТ 2.764-86	Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні в електричних схемах. Інтегральні оптикоелектронні елементи індикації
ГОСТ 4.431-86	Система показників якості продукції. Приймачі випромінювання фотоелектричні. Номенклатура показників
ГОСТ 5.2105-73	Мікроскоп лазерний еліпсометричний ЛЗМ-2. Вимоги до якості атестованої продукції.
ГОСТ 12.1.031-81	Система стандартів безпеки праці. Лазери. Методи дозиметричного контролю лазерного випромінювання
ГОСТ 2388-70	Фотоелементи селенові для фотометрування і колориметрувань піротехнічних засобів. Загальні технічні вимоги
ГОСТ 11612.0-81	Фотопомножувачі. Загальні вимоги при вимірюванні електричних і світлотехнічних параметрів
ГОСТ 11612.1-81	Фотопомножувачі. Метод вимірювання світлової чутливості фотокатода
ГОСТ 11612.2-81	Фотопомножувачі. Методи вимірювання світлової анодної чутливості
ГОСТ 11612.3-75	Фотопомножувачі. Метод вимірювання нерівномірності світлової анодної чутливості по фотокатоду
ГОСТ 11612.4-84	Фотопомножувачі. Метод вимірювання темного струму
ГОСТ 11612.5-75	Фотопомножувачі. Метод вимірювання відношення сигналу до шуму в сигналі
ГОСТ 11612.6-83	Помножувачі фотоелектронні. Методи вимірювання світлового еквівалента шуму темного струму анода
ГОСТ 11612.7-83	Фотопомножувачі. Методи вимірювання світлового і спектрального еквівалента шуму струму анода від фонового потоку
ГОСТ 11612.8-85	Фотопомножувачі. Метод вимірювання енергетичного дозволу
ГОСТ 11612.9-84	Фотопомножувачі. Метод визначення нелінійності світлової характеристики в статичному режимі
ГОСТ 11612.10-84	Фотопомножувачі. Метод визначення нелінійності світлової характеристики в імпульсному режимі
ГОСТ 11612.11-85	Фотопомножувачі. Метод вимірювання нестабільності
ГОСТ 11612.12-84	Фотопомножувачі. Метод вимірювання енергетичного еквівалента власних шумів
ГОСТ 11612.13-85	Фотопомножувачі. Метод вимірювання часу наростання і тривалості імпульсної характеристики
ГОСТ 11612.14-75	Фотопомножувачі. Метод вимірювання зміни часу проходження сигналу залежно від положення освітленої ділянки фотокатода
ГОСТ 11612.15-75	Фотопомножувачі. Метод вимірювання часу готовності
ГОСТ 11612.16-75	Фотопомножувачі. Метод вимірювання напруги замикання
ГОСТ 11612.17-81	Фотопомножувачі. Методи вимірювання спектральної анодної чутливості
ГОСТ 15093-90	Лазери і пристрої управління лазерним випромінюванням. Терміни і визначення
ГОСТ 15114-78	Системи телескопічні для оптичних приладів. Візуальний метод визначення межі дозволу
ГОСТ 15856-84	Фотопомножувачі. Загальні технічні умови
ГОСТ 16208-84	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні. Загальні технічні умови
ГОСТ 17333-80	Прилади фотоелектронні. Методи вимірювання спектральної чутливості фотокатодів
ГОСТ 17490-77	Лазери і випромінювачі інжекційні, діоди лазерні. Основні параметри
ГОСТ 17772-88	Приймачі випромінювання напівпровідникові фотоелектричні і фотоприймальні пристрої. Методи вимірювання фотоелектричних параметрів і визначення характеристик
ГОСТ 19319-82	Лазери твердотільні. Основні параметри
ГОСТ 19798-74	Фотоелементи. Загальні технічні умови
ГОСТ 21006-75	Мікроскопи електронні. Терміни, визначення і буквені позначення
ГОСТ 21195-84	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні спектральні. Загальні технічні умови
ГОСТ 21316.0-75	Фотоелементи. Загальні вимоги при вимірюванні параметрів
ГОСТ 21316.1-75	Фотоелементи. Метод вимірювання світлової чутливості
ГОСТ 21316.2-75	Фотоелементи. Метод вимірювання темного струму
ГОСТ 21316.3-75	Фотоелементи. Метод вимірювання опору ізоляції
ГОСТ 21316.4-75	Фотоелементи. Метод вимірювання нерівномірності чутливості
ГОСТ 21316.5-75	Фотоелементи. Метод вимірювання нестабільності
ГОСТ 21316.6-75	Фотоелементи. Метод визначення відповідності світлової характеристики фотоелемента заданій межі лінійності в безперервному режимі
ГОСТ 21316.7-75	Фотоелементи. Метод визначення відповідності світлової характеристики фотоелемента заданій межі лінійності в імпульсному режимі
ГОСТ 22466.0-82	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні. Загальні положення при вимірюванні електричних і світлових параметрів

Продовження таблиці А8

ГОСТ 22466.1-88	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні. Метод вимірювання світлових параметрів
ГОСТ 22466.2-77	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні. Метод вимірювання напруги запалення
ГОСТ 22466.3-77	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні. Метод вимірювання напруги самопробоя
ГОСТ 22466.4-82	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні безперервної дії. Метод вимірювання електричних параметрів
ГОСТ 22511-88	Фотопомножувачі. Основні розміри
ГОСТ 23339-78	Перемикачі оптоелектронні логічних сигналів. Основні параметри
ГОСТ 23340-78	Комутатори оптоелектронні аналогового сигналу. Основні параметри
ГОСТ 23449-79	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні кульові. Конструкція і основні розміри
ГОСТ 23547-79	Комутатори оптоелектронні. Основні параметри
ГОСТ 24428-80	Лазери газові. Загальні технічні умови
ГОСТ 24453-80	Вимірювання параметрів і характеристик лазерного випромінювання. Терміни, визначення і буквені позначення величин
ГОСТ 24458-80	Оптопарі напівпровідникові. Основні параметри
ГОСТ 24469-80	Засоби вимірювань параметрів лазерного випромінювання. Загальні технічні вимоги
ГОСТ 24714-81	Лазери. Методи вимірювання параметрів випромінювання. Загальні положення
ГОСТ 25212-82	Лазери. Методи вимірювання енергії імпульсів випромінювання
ГОСТ 25213-82	Лазери. Методи вимірювання тривалості і частоти повторення імпульсів випромінювання
ГОСТ 25312-82	Перетворювачі лазерного випромінювання вимірювальні теплові термоелектричні. Типи і основні параметри. Методи вимірювань
ГОСТ 25368-82	Засоби вимірювань максимальної потужності імпульсного лазерного випромінювання. Типи і основні параметри. Методи вимірювань
ГОСТ 25369-82	Фотоелементи вимірники. Основні параметри. Методи вимірювань основних параметрів
ГОСТ 25370-82	Фотопомножувачі вимірники. Основні параметри. Методи вимірювань основних параметрів
ГОСТ 25373-82	Лазери вимірники. Типи, основні параметри і технічні вимоги
ГОСТ 25677-83	Перетворювачі імпульсного лазерного випромінювання електронно-оптичні вимірники. Основні параметри. Методи вимірювань
ГОСТ 25678-83	Засоби вимірювань енергії імпульсного лазерного випромінювання. Види. Основні параметри. Методи вимірювань основних параметрів
ГОСТ 25763-83	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні для накачування лазерів. Основні розміри
ГОСТ 25774-83	Перетворювачі електронно-оптичні. Метод визначення амплітудно-частотної характеристики
ГОСТ 25786-83	Лазери. Методи вимірювань середньої потужності, середньої потужності імпульсу, відносної нестабільності середньої потужності лазерного випромінювання
ГОСТ 25811-83	Засоби вимірювань середньої потужності лазерного випромінювання. Типи. Основні параметри. Методи вимірювань
ГОСТ 25819-83	Лазери. Метод вимірювання максимальної потужності імпульсного лазерного випромінювання
ГОСТ 25917-83	Лазери. Методи вимірювання відносного розподілу щільності енергії (потужності) випромінювання
ГОСТ 25918-83	Лазери безперервного режиму роботи. Методи вимірювання нестабільності частоти випромінювання
ГОСТ 26086-84	Лазери. Методи вимірювання діаметру пучка і енергетичної расходимости лазерного випромінювання
ГОСТ 28953-91	Прилади фоточутливі з перенесенням заряду. Методи вимірювання параметрів
ГОСТ 29283-92 (МЭК 747-5-84)	Напівпровідникові прилади. Дискретні прилади і інтегральні схеми. Частина 5. Оптоелектронні прилади
ГОСТ 30831-2002*	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні і безперервної дії. Методи вимірювання електричних параметрів і параметрів випромінювання

ДСТУ – Національні стандарти

ДСТУ 1.0-2003	Національна стандартизація. Основні положення
ДСТУ 1.1-2001	Національна стандартизація. Стандартизація та суміжні види діяльності. Терміни та визначення основних понять
ДСТУ 1.2-2003	Національна стандартизація. Правила розроблення національних нормативних документів

Продовження таблиці А8

ДСТУ 1.3-93	Національна стандартизація. Основні положення
ДСТУ 1.3:2004	Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення, погодження, прийняття та позначання технічних умов
ДСТУ 1.5-2003	Національна стандартизація. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів (ISO/IEC Directives, part 2, 2001, NEQ)
ДСТУ 1.6:2004	Національна стандартизація. Правила рестрації нормативних документів
ДСТУ 1.7-2001	Національна стандартизація. Правила і методи прийняття та застосування міжнародних і регіональних стандартів (ISO/IEC Guide 21:1999, NEQ)
ДСТУ 1.10:2005	Національна стандартизація. Правила розроблення, побудови, викладання, оформлення, ведення національних класифікаторів
ДСТУ 1.11:2004	Національна стандартизація. Правила проведення експертизи проєктів національних нормативних документів
ДСТУ 1.12:2004	Національна стандартизація. Правила ведення справ нормативних документів
ДСТУ 1.13-2001	Національна стандартизація. Правила надавання повідомлень торговим партнерам України
ДСТУ 3060-95	Стандартизація в побутовому обслуговуванні населення. Основні положення
ДСТУ 3250-95	Порядок розроблення плану державної стандартизації
ДСТУ 3279-95	Стандартизація послуг. Основні положення
ДСТУ 3281-95	Порядок розроблення міждержавних стандартів
ДСТУ 3508-97	Блоки індикації на рідкокристалічних індикаторах. Загальні технічні умови
ДСТУ 3739-98	Положення про ведення державного класифікатора ДК 003 'Класифікатор професій'
ДСТУ 3966-2000	Термінологія. Засади і правила розроблення стандартів на терміни та визначення понять
ДСТУ 4054-2001	Нормативи трудомісткості та вартість робіт із стандартизації. Настава
ДСТУ -Н 4340:2004	Настави щодо внесення екологічних вимог до стандартів на продукцію. Загальні положення
ДСТУ -Н 4486:2005	Система конструкторської документації. Настави щодо типової побудови технічних умов
ДСТУ ГОСТ 1.3:2005	Міждержавна система стандартизації. Правила і методи прийняття міжнародних і регіональних стандартів як міждержавних стандартів (ГОСТ 1.3-2002, IDT)
ДСТУ ГОСТ 1.5:2004	Міждержавна система стандартизації. Стандарти міждержавні, правила та рекомендації з міждержавної стандартизації. Загальні вимоги до побудови, викладу, оформлення, змісту та позначень (ГОСТ 1.5-2001, IDT)
ДСТУ IEC Guide 104:2005	Настави щодо розроблення нормативних документів з безпеки та використання основоположних і ґрунтових нормативних документів з безпеки (IEC Guide 104:1997, IDT)
ДСТУ-Н IEC Guide 107:2005	Електромагнітна сумісність. Настави щодо розроблення нормативних документів (IEC Guide 107:1998, IDT)
ДСТУ-Н ISO/IEC Guide 14:2005	Інформація для споживачів щодо придбання товарів та послуг (ISO/IEC Guide 14:2003, IDT)
ДСТУ-Н ISO/IEC Guide 37:2005	Настави щодо використання продукції широкого вжитку (ISO/IEC Guide 37:1995, IDT)
ДСТУ-Н ISO/IEC Guide 41:2004	Настави стосовно пакування. Положення, спрямовані на задоволення потреб споживача (ISO/IEC Guide 41:2003, IDT)
ДСТУ ISO/IEC Guide 50:2001	Безпека дітей і стандарти. Загальні принципи (ISO/IEC Guide 50:1996, IDT)
ДСТУ 2305-93	Підсилювачі операційні. Терміни та визначення
ДСТУ 2357-94	Вироби електронної техніки. Гігієна електронна. Терміни та визначення
ДСТУ 2634-94	Вироби електронної техніки. Методи оцінювання відповідності вимогам до надійності
ДСТУ 2992-95	Вироби електронної техніки. Методи розрахунку надійності
ДСТУ 3166-95 (ГОСТ 23592-96)	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні вимоги до об'ємного монтажу виробів електронної техніки та електротехнічних
ДСТУ 3167-95 (ГОСТ 23586-96)	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Технічні вимоги до джгутів та їх кріплення
ДСТУ 3168-95 (ГОСТ 23587-96)	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Технічні вимоги до оброблення монтажних проводів та кріплення жил
ДСТУ 3169-95 (ГОСТ 23585-96)	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Технічні вимоги до оброблення та з'єднання екранів проводів
ДСТУ 3502-97	Елементи радіоелектронної апаратури. Склеювання. Метод визначення часу тужавлення шва
ДСТУ 3506-97	Елементи радіоелектронної апаратури. Метод визначення коефіцієнта поглинання акустичних хвиль Релея
ДСТУ 3521-97	Елементи радіоелектронної апаратури. Автоматизоване паяння. Метод визначення фіксувальної здатності клеїв-флюсів
ДСТУ ГОСТ 30668-2002	Вироби електронної техніки. Маркування (ГОСТ 30668-2000, IDT)

Продовження таблиці А8

ДСТУ ІЕС QC 001002-1:2007	Системи оцінювання якості електронних компонентів Міжнародної електротехнічної комісії (IECQC). Правила процедури. Частина 1. Адміністрація (IEC QC 001002-1:1998, IDT)
ДСТУ 2382-94	Резистори. Терміни та визначення
ДСТУ ІЕС 60477-2-2001	Резистори лабораторні. Частина 2. Резистори змінного струму (IEC 60477-2:1997, IDT)
ДСТУ ІЕС 60477-2001	Резистори постійного струму лабораторні (IEC 60477-A1:1997, IDT)
ДСТУ 2291-93	Конденсатори електричні. Терміни та визначення
ДСТУ 2045-92 (ГОСТ 16745-93)	Папір конденсаторний. Метод визначення пробивної напруги та електричної міцності при змінній (промислової частоти) та постійній напрузі
ДСТУ 2046-92 (ГОСТ 16746-93)	Папір конденсаторний. Метод визначення тангенса кута діелектричних втрат та діелектричної проникності при промисловій частоті
ДСТУ 3405-96	Папір конденсаторний. Метод визначення питомого електричного об'ємного опору
ДСТУ 3467-96 (ГОСТ 1908-97)	Папір конденсаторний. Загальні технічні умови
ДСТУ ІЕС 60252-1:2005	Конденсатори для електродвигунів змінного струму. Частина 1. Загальні положення. Робочі характеристики, випробування та номінальні параметри. Вимоги безпеки. Настанови щодо встановлення й експлуатації (IEC 60252-1:2001, IDT)
ДСТУ ІЕС 60252-2:2005	Конденсатори для електродвигунів змінного струму. Частина 2. Пускові конденсатори (IEC 60252-2:2003, IDT)
ДСТУ 3628-97 (IEC 60384-4:1985)	Конденсатори постійної ємності для електронної апаратури. Частина 4. Групові технічні умови на алюмінієві оксидно-електролітичні та оксидно-напівпровідникові конденсатори
ДСТУ 3629-97 (IEC 60384-4-1:1985)	Конденсатори постійної ємності для електронної апаратури. Частина 4. Форма технічних умов на алюмінієві оксидно-електролітичні конденсатори. Рівень якості E
ДСТУ ІЕС 60110-1-2001	Конденсатори силові для установок індукційного нагрівання. Частина 1. Загальні положення (IEC 60110-1:1999, IDT)
ДСТУ ІЕС /TS 60110-2:2005	Конденсатори силові для установок індукційного нагрівання. Частина 2. Випробування на старіння, на руйнування та вимоги до роз'єднувальних внутрішніх плавких запобіжників (IEC/TS 60110-2:2000, IDT)
ДСТУ ІЕС 60143-1-2001	Конденсатори послідовно з'єднані для енергосистем. Частина 1. Характеристики, випробування та оцінювання. Вимоги безпеки. Настанови щодо встановлення (IEC 60143-1:1994, IDT)
ДСТУ ІЕС 60143-2-2001	Послідовно з'єднані конденсатори для силових систем. Частина 2. Захисне обладнання для послідовно з'єднаних конденсаторних батарей (IEC 60143-2:1994, IDT)
ДСТУ ІЕС 60143-3:2005	Конденсатори послідовно з'єднані для енергосистем. Частина 3. Внутрішні плавкі запобіжники (IEC 60143-3:1998, IDT)
ДСТУ ІЕС 60252-1:2005	Конденсатори для електродвигунів змінного струму. Частина 1. Загальні положення. Робочі характеристики, випробування та номінальні параметри. Вимоги безпеки. Настанови щодо встановлення й експлуатації (IEC 60252-1:2001, IDT)
ДСТУ ІЕС 60252-2:2005	Конденсатори для електродвигунів змінного струму. Частина 2. Пускові конденсатори (IEC 60252-2:2003, IDT)
ДСТУ ІЕС 60931-1-2001	Конденсатори силові шунтувальні несамовідновлювального типу для систем змінного струму на номінальну напругу до 1000 В включно. Частина 1. Загальні положення. Характеристики, випробування та оцінювання. Вимоги безпеки. Настанови щодо встановлення та експлуатації (IEC 60931-1:1996, IDT)
ДСТУ ІЕС 60931-2-2001	Конденсатори силові шунтувальні несамовідновлювального типу для систем змінного струму на номінальну напругу до 1000 В включно. Частина 2. Випробування на старіння та руйнування (IEC 60931-2:1995, IDT)
ДСТУ ІЕС 60931-3:2005	Конденсатори силові шунтувальні несамовідновлювального типу для систем змінного струму на номінальну напругу до 1000 В включно. Частина 3. Внутрішні плавкі запобіжники (IEC 60931-3:1996, IDT)
ДСТУ ІЕС 61881:2005	Електроустаткування залізниць. Устаткування рухомого складу. Конденсатори для силової електроніки (IEC 61881:1999, IDT)
ДСТУ ІЕС 61921:2006	Конденсатори силові. Низьковольтні батареї конденсаторів для коригування коефіцієнта потужності (IEC 61921:2003, IDT)
ДСТУ ІЕС 61270-1-2001	Конденсатори для мікрохвильових печей. Частина 1. Загальні положення (IEC 61270-1:1996, IDT)
ДСТУ 2449-94	Прилади напівпровідникові. Терміни та визначення
ДСТУ 2683-94	Прилади напівпровідникові фотоелектронні. Терміни та визначення
ДСТУ 3111-95	Модулі напівпровідникові. Терміни та визначення

Продовження таблиці А8

ДСТУ 3480-96 (ГОСТ 20859.1-98)	Прилади напівпровідникові силові. Загальні технічні вимоги
ДСТУ 3676-98 (ГОСТ 30584-99) (ІЕС 60146-1:1991)	Перетворювачі напівпровідникові для тягових підстанцій міського електротранспорту. Загальні технічні умови
ДСТУ 3724-98	Прилади напівпровідникові силові. Основні види та характеристики. Терміни та визначення
ДСТУ 3764-98 (ГОСТ 30617-98)	Модулі напівпровідникові силові. Загальні технічні умови
ДСТУ 2332-93	Діоди напівпровідникові. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів
ДСТУ 2387-94	Діоди надвисокочастотні. Терміни та визначення
ДСТУ 2527-94	Гіристри. Терміни, визначення та літерні позначення параметрів
ДСТУ 2172-93	Транзистори польові. Терміни, визначення та буквені позначення електричних параметрів
ДСТУ 2307-93	Транзистори біполярні. Терміни, визначення та буквені позначення електричних параметрів
ДСТУ 2289-93	Прилади електровакуумні надвисокочастотні. Терміни та визначення
ДСТУ 2321-93	Прилади електронні надвисоких частот. Лампи зворотної хвилі. Терміни та визначення
ДСТУ 2353-94	Прилади електронні надвисоких частот. Клістри. Терміни та визначення
ДСТУ 2354-94	Прилади електронні надвисоких частот. Магнетрони. Терміни та визначення
ДСТУ 2385-94	Прилади електровакуумні. Терміни та визначення
ДСТУ 2408-94	Прилади електровакуумні фотоелектронні. Терміни та визначення
ДСТУ 2722-94	Прилади газорозрядні. Терміни та визначення
ДСТУ 2878-94	Лампи безперервної дії газорозрядні. Терміни та визначення
ДСТУ 2882-94	Лампи генераторні та модуляторні. Терміни та визначення
ДСТУ 3068-95	Прилади електровакуумні надвисокочастотні. Загальні технічні умови
ДСТУ 3087-95	Прилади електровакуумні. Система умовних позначень
ДСТУ 2574-94	Системи оброблення інформації. Дисплеї візуальні. Терміни та визначення
ДСТУ ІЕС 61966-4:2006	Мультимедійні системи та обладнання. Колориметричне вимірювання та керування кольоровідтворенням. Частина 4. Обладнання з ріднокристалічними дисплеями (ІЕС 61966-4:2000, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 61966-5:2006	Мультимедійні системи та обладнання. Колориметричне вимірювання та керування кольоровідтворенням. Частина 5. Обладнання з плазовими дисплеями (ІЕС 61966-5:2000, ІДТ)
ДСТУ 3092-95	Фільтри п'єзоелектричні та електромехалічні. Терміни та визначення
ДСТУ 3113-95	Резонатори п'єзоелектричні. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів
ДСТУ 3255-95	Генератори кварцові. Терміни та визначення
ДСТУ 3727-98	Фільтри п'єзоелектричні. Загальні відомості, стандартизовані величини і умови випробувань
ДСТУ ІЕС 60122-2-2000 (ГОСТ 30696-2000)	Резонатори кварцові для стабілізації і виділення частот. Частина 2. Настапова з застосування кварцових резонаторів для стабілізації і виділення частот
ДСТУ ІЕС 60302-99 (ГОСТ МЭК 302-2000)	Резонатори п'єзоелектричні. Методи вимірювань параметрів п'єзоелектричних резонаторів, що працюють у діапазоні частот до 30 МГц
ДСТУ ІЕС 60444-1-99 (ГОСТ МЭК 444-1-2000)	Резонатори кварцові. Вимірювання параметрів фазовим методом у П-подібному чотириполюснику. Частина 1. Основний фазовий метод вимірювання резонансної частоти і резонансного опору кварцових резонаторів у П-подібному чотириполюснику
ДСТУ ІЕС 60642-99 (ГОСТ 30719-2000)	Вібратори та резонатори п'єзокерамічні для стабілізації та виділення частот. Глава І. Стандарти значення й умови експлуатації. Глава ІІ. Умови проведення вимірювань і випробувань
ДСТУ ІЕС 60679-2-2000 (ГОСТ 30695-2000)	Генератори кварцові. Частина 2. Настапова з застосування кварцових генераторів
ДСТУ 3639-97	Сумісність технічних засобів електромагнітна. Фільтри протизавадні. Загальні технічні умови
ДСТУ 2646-94	Плати друковані. Терміни та визначення
ДСТУ 2779-94	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні технічні вимоги до формування виводів та до установлення виробів електронної техніки на друковані плати
ДСТУ 2783-94	Монтаж електричний радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні вимоги до монтажу виробів електронної техніки та електротехнічних на друковані плати

Продовження таблиці А8

ДСТУ 3334-96	Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів
ДСТУ 3520-97	Плати друковані. Метод визначення адгезії покриття захисних та маркувальних композицій
ДСТУ 2306-93	Мікросхеми інтегровані. Терміни та визначення
ДСТУ 2383-94	Мікросхеми інтегровані. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів
ДСТУ 2426-94	Мікромодулі. Терміни та визначення
ДСТУ 3069-95	Модулі надвисокочастотні. Загальні технічні умови
ДСТУ 3212-95	Мікросхеми інтегровані. Класифікація та система умовних позначень
ДСТУ 3758-98 (ГОСТ 30618-99)	Модулі напівпровідникові інтегровані. Загальні технічні вимоги
ДСТУ ІЕС 60748-11:2006	Прилади напівпровідникові. Схеми інтегровані. Частина 11. Групові технічні умови для напівпровідникових інтегрованих схем, за винятком гібридних (ІЕС 60748-11:1990, ІДТ)
ДСТУ 2521-94 (ГОСТ 30169-94)	Система типових конструкцій. Типи та основні розміри
ДСТУ 2712-94	Підсиловачі магнітні. Терміни та визначення
ДСТУ 2736-94	Електромашинні підсиловачі. Терміни та визначення
ДСТУ 2760-94	Вироби моткові радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні вимоги до конструювання
ДСТУ 2761-94	Вироби моткові радіоелектронної апаратури та приладів. Загальні вимоги до технологічних процесів виготовлення
ДСТУ 2778-94	Вироби моткові радіоелектронної апаратури та приладів. Конструкція
ДСТУ 3093-95	Вироби акустоелектронні. Терміни та визначення
ДСТУ 2525-94	Апаратура радіоелектронна побутова. З'єднувачі низько- і високо- частотні. Розміри. Загальні технічні умови
ДСТУ 3006-95	З'єднувачі низько- частотні на напругу до 1500 В і комбіновані. Терміни та визначення
ДСТУ 3066-95	З'єднувачі низько- частотні на напругу до 1500 В і комбіновані. Умовні позначення
ДСТУ 3137-95	З'єднувачі низько- частотні на напругу до 1500 В і комбіновані. Загальні технічні умови
ДСТУ 3077-95	Вимикачі і перемикачі модульні кнопкові та клавішні. Загальні технічні умови
ДСТУ 3348-96	Радіоелектронні засоби. Конструкції несані. Терміни та визначення
ДСТУ 3897-99 (ІЕС 60917 (1988-12))	Модульний принцип розроблення механічних конструкцій для електронного обладнання
ДСТУ 3898-99 (ІЕС 60917-0 (1989-10))	Модульний принцип розроблення механічних конструкцій для електронного обладнання. Частина 0: Настанови для користувачів Публікацією ІЕС 60917
ДСТУ ІЕС ІТР 60668:2005	Розміри фронтальних частин приладів вимірювання та керування в промислових процесах і врізів у панелях для їх розташування (ІЕС/ІТР 60668:1980, ІДТ)
ДСТУ 2380-94	Лазери і пристрої управління лазерним випромінюванням. Терміни та визначення
ДСТУ 2502-94	Індикатори знакосинтезувальні. Терміни, визначення та літерні позначення
ДСТУ 2782-94	Трубки електронно-променевої фотореструктуральні та просвічувальні високої роздільної здатності. Методи випробувань
ДСТУ 2958-94	Приймачі інфрачервоного випромінювання. Терміни та визначення
ДСТУ 3094-95	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні. Терміни та визначення
ДСТУ 3096-95	Перетворювачі електронно-оптичні. Терміни та визначення
ДСТУ ГОСТ 30831:2003	Джерела високоінтенсивного оптичного випромінювання газорозрядні імпульсні та неперервної дії. Методи вимірювання електричних параметрів та параметрів випромінювання (ГОСТ 30831-2002, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 60825-2-2001	Безпечність лазерних виробів. Частина 2. Безпечність волоконно-оптичних систем зв'язку (ІЕС 60825-2:2000, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 60825-2-2006	Безпечність лазерних виробів. Частина 2. Безпечність волоконно-оптичних систем передавання (ІЕС 60825-2:2005, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 60825-3-2001	Безпечність лазерних виробів. Частина 3. Настанова щодо використання лазерів на виставках та у виставах (ІЕС 60825-3:1995, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 60825-4:2003	Безпечність лазерних виробів. Частина 4. Лазерні захисні пристрої (ІЕС 60825-4:1997, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 60825-6-2001	Безпечність лазерних виробів. Частина 6. Безпечність для очей виробів із оптичними джерелами, використовуваних лише для передавання видимої інформації (ІЕС 60825-6:1999, ІДТ)
ДСТУ ІЕС 61040:2005	Детектори, прилади та устаткування для вимірювання потужності та енергії лазерного випромінювання (ІЕС 61040:1990, ІДТ)
ДСТУ ІСО 11145:2005	Оптика та оптичні прилади. Лазери і лазерна апаратура. Словник термінів та умовні позначки (ІСО 11145:2001, ІДТ)

Продовження таблиці А8

ДСТУ ISO 11554:2005	Оптика та оптичні прилади. Лазери і лазерна апаратура. Методи випробування потужності, енергії та часових характеристик лазерного пучка (ISO 11554:2003, IDT)
ДСТУ ISO 12005:2005	Лазери і лазерна апаратура. Методи випробування параметрів лазерного пучка. Поларизація (ISO 12005:2003, IDT)

ГСТУ – Галузеві стандарти України. Показчик чинних НД	
ГСТУ 3-001-99	Система галузевої стандартизації Міністерства промислової політики України. Основні положення
ГСТУ 3-002-99	Система галузевої стандартизації Міністерства промислової політики України. Правила розроблення галузевих стандартів та рекомендацій
ГСТУ 3-003-99	Система галузевої стандартизації Міністерства промислової політики України. Правила узгодження, затвердження та надання позначень технічним умовам
ГСТУ 32.0.10.001-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Порядок розроблення, правила побудови, викладу, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів у галузі залізничного транспорту
ГСТУ 32.0.10.002-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Порядок проведення експертизи, затвердження, внесення змін, скасування та видання нормативних документів у галузі залізничного транспорту
ГСТУ 32.0.10.003-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Порядок визначення вартості розроблення і проведення експертизи нормативних документів
ГСТУ 32.0.10.004-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення сертифікації продукції для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.005-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків за виконання робіт з сертифікації продукції для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.006-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення сертифікації послуг для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.007-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків за виконання робіт з сертифікації послуг для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.008-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення атестації виробництва на виконання робіт з сертифікації продукції для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.009-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків на виконання робіт з атестації виробництва під час сертифікації продукції для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.010-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення атестації підприємств сфери послуг на виконання робіт з сертифікації для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.011-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків за виконання робіт з атестації підприємств сфери послуг під час сертифікації послуг для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.012-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення технічного нагляду на виконання робіт з сертифікації продукції для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.013-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків за проведення технічного нагляду за сертифікованою продукцією для залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.014-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Правила проведення технічного нагляду на виконання робіт з сертифікації послуг для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.015-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Система розрахунків за проведення технічного нагляду за сертифікованими послугами для потреб залізничного транспорту України
ГСТУ 32.0.10.020-97	Стандартизація та сертифікація на залізничному транспорті. Положення про сертифікаційну діяльність на залізничному транспорті України
ГСТУ 34.001-95	Порядок розроблення, узгодження, затвердження та реєстрації галузевих стандартів Мінснерго України
ГСТУ 52.1.1.01-97	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Основні положення
ГСТУ 52.1.1.02-97	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Категорії та види нормативних документів, їх позначення
ГСТУ 52.1.1.03-97	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Порядок розроблення, узгодження, затвердження та реєстрації галузевих нормативних документів
ГСТУ 52.1.1.04-97	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Планування робіт з стандартизації

Продовження таблиці А8

ГСТУ 52.12.1.02-99	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Метрологічний контроль і нагляд. Організація та порядок проведення
ГСТУ 52.12.1.03-99	Система галузевих стандартів з гідрометеорології. Метрологічна експертиза нормативних документів і конструкторської документації. Організація і порядок проведення
ГСТУ 52.12.2.01-99	Метрологічна атестація методик виконання спостережень і вимірювань. Організація і порядок проведення
ГСТУ 75.2-00013528-001-2002	Нормативні документи у Міністерстві України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Порядок надання позначення
ГСТУ 201-01-95	Порядок розроблення, узгодження, затвердження, обліку та застосування галузевих стандартів на побутові послуги

Навчальне видання

Новіков А. О.

Шубін О. В.

Основи теорії надійності та стандартизації виробів електронної техніки

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено Новіковим А. О.

Редактор Т. О. Старічек

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 15.06.2009 р.

Формат 29,7×42 ¼

Друк різнографічний

Тираж 85 прим.

Зам. № 2009-119

Гарнітура Times New Roman

Папір офсетний

Ум. друк. арк. 10,0

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК № 746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ