

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Навчально-науковий інститут механічної інженерії і транспорту  
Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

**Федорович В.О.**

## **ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

**з дисципліни «Метрологічне забезпечення якості»**

---

Харків

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1**

### **«Комп'ютерний, цветометрический метод визначення якості поверхні»**

#### **1. Ціль і завдання виконання лабораторної роботи**

##### **Ціль:**

Придбати навички аналізу стану робочої поверхні алмазних кіл і дефектів у структурі обробленої поверхні

##### **Завдання:**

- 1) Ознайомитися із принципом методики цветометрического розпізнавання різнорідних поверхонь;
- 2) Вивчити порядок роботи запропонованим програмним продуктом;
- 3) Провести аналіз заданої викладачем поверхні;

**Примітка:** робота виконується тимчасовими творчими колективами (бригадами), відпрацьовування – індивідуально.

#### **Призначення й принцип роботи програмного продукту**

При дослідженні різнорідних поверхонь найважливішим завданням є визначення процентного вмісту на поверхні різних складових. Метод стерерметрической металографії [1] є дуже трудомістким і складним для застосування.

Складність структури алмазоносного шару, розвиненість ріжучого рельєфу алмазних кіл утрудняють оптичне дослідження їх робочої поверхні. Однак, ряд завдань такого характеру можна вирішувати за допомогою металографічних мікроскопів із застосуванням спеціальних методик [2,3], які дозволяють одержувати високий дозвіл при вивченні деталей рельєфу висотою до 100 ... 160 мкм.

Методика цветометрического комп'ютерного дослідження передбачає таку послідовність дій:

На першому етапі досліджень за допомогою перпендикулярно падаючих поляризованих променів світла при більших збільшеннях одержуємо знімки безпосередньо з поверхні кола або з обробленої поверхні різних матеріалів. У цьому випадку частина зображення формується за рахунок некогерентних неуважних променів. Складові поверхні алмазного круга й обробленої поверхні

СТМ вивчалися з використанням колірної контрасту фаз у поляризованому світлі. Кожна фаза має свої оптичні властивості, що визначають власні слабкі деполіризаційні рефлекси. Завдяки різному фарбуванню легко диференціюються такі складові алмазоносного шару як карбід бору, алмаз, бронза, металлофаза й пори на обробленій поверхні і т.д.

На використанні різного фарбування майданчиків зношування на алмазних зернах, а також різного кольору мікропорожнин і металлофази на обробленій поверхні, розроблена спеціальна програма, що дозволяє в комп'ютерному режимі визначати процентний вміст майданчиків зношування на зернах на поверхні РПК і дефектів на обробленій поверхні.

*Принцип роботи програми визначення параметрів РПК і поверхневих дефектів.* Дана програма дозволяє автоматично визначати процентний вміст майданчиків зношування на алмазних зернах і відносну площу мікродефектів на обробленій поверхні.

За допомогою сканера світлина робочої поверхні кола або обробленої поверхні в поляризованому світлі (мал. 1а) оцифровується й зберігається у файлі з розширенням \*.bmp. Створений файл відкривається в програмі (мал. 1) і переміщенням маніпулятора "миша" з натиснутою лівою клавішею по зображенню майданчиків зношування (мал.1) або мікропорожнини (металлофази) (мал.2) вибирається їхній колір для обчислення процентного вмісту майданчиків зношування на поверхні РПК або мікропорожнин. Програма дозволяє вибирати об'єкти одного або декількох квітів і підсумує результат. Т. к. у світлинах різняться близько 16 мільйонів квітів і їх відтінків, то для більш точного обчислення кількості пікселів заданого кольору в програмі передбачена зміна величин (R,G,B) - складових. Це дозволяє підрахувати не тільки основний колір, обраний користувачем, але і його найближчі відтінки, кількість яких також вибирає користувач.

У зв'язку з розробкою програмного продукту мовою програмування високого рівня Borland Delphi 5.0 для Windows 95/98 або вище виникають деякі вимоги до обчислювальної техніки, на якій буде експлуатуватися програмний

продукт. Мінімальні вимоги до обчислювальної техніки визначаються вимогами для Windows 95/98 або вище й становлять: 1) IBM PC AT сумісний комп'ютер із процесором 486SX-33 або могутнішим; 2) відео карта VGA ємністю не менш 512 Кбайт; 3) обсяг ОЗУ не менш 16 Мбайт; 4) НЖМД (вінчестер) не менш 40 Мбайт; 5) Windows 95/98 або вище.

Вибір мови програмування Delphi пов'язаний зі зручністю обробки дуже об'ємних структур даних, а також з можливістю реалізації зручного інтерфейсу (мал. 1).



Рисунок 1- Компьютерная цветометрическая методика изучения параметров рабочей поверхности алмазного круга

Використання розробленої методики суттєво скорочує трудомісткість і час експериментального вивчення параметрів РПК і структури обробленої поверхні СТМ. Отримані результати можуть бути використані при визначенні фактичної площі контакту в системі " Рпк-Оброблювані матеріал". Приклад результату розрахунків процентного вмісту майданчиків зношування на робочій поверхні алмазного кола наведено на малюнку 3.

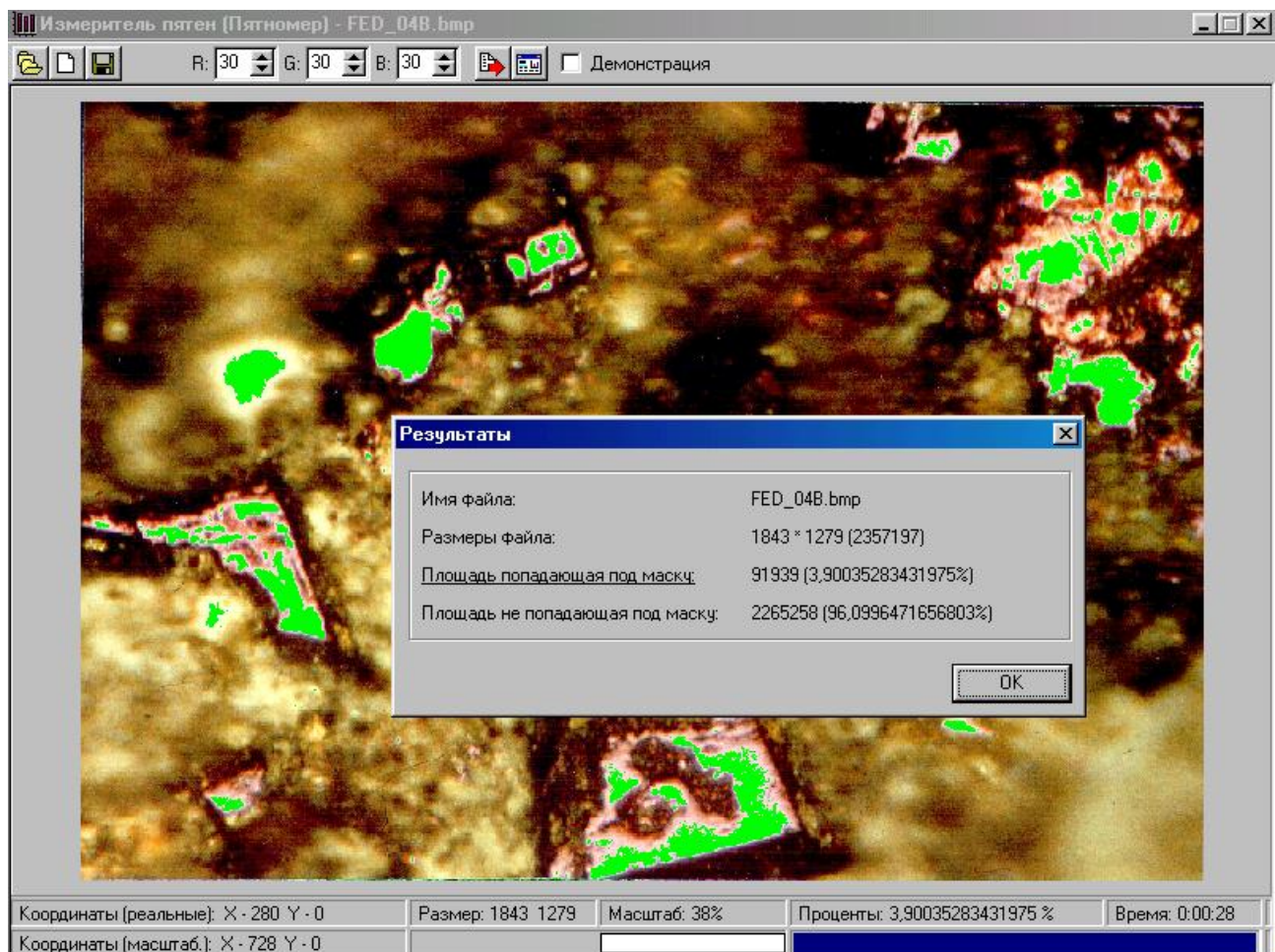
Порівняння результатів вивчення відносної площі майданчиків зношування на зернах РПК за даною методикою з методикою лазерного сканування для визначення параметра відносної опорної площі РПК

підтверджує її достатню точність.

### 3. Рекомендації з виконання роботи

1. Одержите у викладача варіант завдання з бази даних
2. Відкрити даний файл у програмі
3. Провести сканування й розрахунки в режимі "Демонстрація"
4. Провести сканування й розрахунки в режимі "Розрахунки"

Вивести на екран результати розрахунків (рис 2)



Малюнок 2 - Результати розрахунків процентного вмісту майданчиків зношування на робочій поверхні алмазного кола

### 4. Зміст звіту про лабораторну роботу

1. З бази даних, згідно варіанта завдання (номер у груповому журналі) вибирається файл зі світлиною поверхні.
2. Привести опис обраної світлини й сформулювати завдання дослідження.

3. Привести роздруківку світлини до й послу обробки в програмі
4. Привести форму екрана ( через клавішу "Print Screen") з результатами розрахунків.
5. Провести аналіз результатів розрахунків.

### **5. Контрольні питання**

1. Що представляє світлина поверхні в поляризованому світлі?
2. Яке призначення розробленої програми?
3. Принцип дії запропонованої програми?
4. Області застосування запропонованої методики дослідження?
5. Порядок вибору досліджуваного параметра?
6. Порядок зміни колірної гама обираного об'єкта дослідження?

### **Список літератури**

1. Салтыков С.А. Стереометрична металографія М.: Металургія, 1976. - 271 с.
2. Грабченко А.І., Ходоревский М.Г., Синельников А.Н. Дослідження стану поверхності алмазів АСБ, АСПК методом оптичної мікроскопії із застосуванням органічних реплік.- Різання й інструмент, Харків: Вища школа, 1974, вип.11, с.141 - 144.
3. Децки Іван. Вивчення зношування алмазних і ельборових шліфувальних кіл за допомогою поляризованого мікроскопа. -У кн.: І. Національна науч.-техн.конф. Тезю докл. Габрово, 1976, с.212-219.

### **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1**

#### **Експертна оцінка якості продукції**

Аналізуючи можливість використання різних методів для оцінки впливу сертифікації системи керування якістю продукції, можна зробити висновок, що в сучасних умовах, коли на передній план вийшла така характеристика продукції, як конкурентоспроможність, і, у той же час,

спостерігається нестабільність виробництва, найбільш достовірним виявиться застосування методу експертних оцінок (бального методу) [1].

Як відомо, кількісною характеристикою властивостей виробу, що визначають його якість, є показники якості [2]. А показники якості дозволяють установити придатність виробу задовольняти потреби покупця в певних умовах його експлуатації, (наприклад, точність верстата, якість обробленої поверхні ...).

Якщо ж розглянута одиниця продукції має дефект, то це означає, що, щонайменше, один з її показників якості або параметрів вийшов за граничне значення або не виконується (не задовольняється) одне з вимог нормативної документації до ознак продукції.

Термін “дефект” застосовують при контролі якості продукції на стадії її виготовлення. Отже, дефект - це кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам і виявлене на стадії її виготовлення.

Дефекти, у свою чергу, підрозділяються на критичні, значні й малозначні залежно від ступеня впливу кожного виду дефекту на ефективність і безпека використання продукції з у четом її призначення, обладнання, показників якості, режимів і умов експлуатації.

Відповідно до вищевказаного можна остаточно визначити, що:

- критичний дефект - дефект, при наявності якого використання продукції по призначенню практично неможливо або неприпустимо;
- значний дефект - дефект, який суттєво впливає на використання продукції по призначенню й (або) на її довговічність, але не є критичним;
- малозначний дефект - дефект, який суттєво не впливає на використання продукції по призначенню і її довговічність.

Тому автор розв'язав установити, як змінилася частка кожного з видів дефектів у загальній кількості дефектів, що доводяться в середньому на один виріб, після сертифікації виробництва в порівнянні з періодом до сертифікації.

Для досягнення зазначеної мети були визначені й здійснені наступні етапи роботи:

- визначення групи фахівців, що забезпечує проведення експертизи;
- розробка й забезпечення проведення експертного аналізу;
- формування групи експертів, що брав участь в експертизі;
- розробка анкет з формуванням питань, що виключають їхнє двояке трактування й орієнтованих на кількісну оцінку;
- проведення анкетування;
- аналіз анкет;
- узагальнення результатів.

Пристаючи до реалізації етапів роботи, студент, насамперед, повинен урахувати той факт, що саме він є тем особою, яка зацікавлена у виконанні роботи в повному обсязі у взаємодії із групами фахівців, які були запрошені їм для участі в експертній оцінці конкретної продукції.

У якості фахівців, які забезпечували проведення експертизи із чисто технічної сторони беруть участь студенти групи.

Для одержання більш точних результатів експертної оцінки якості продукції створюються дві групи експертів по 8 студентів у кожній. А для з'ясування погодженості думок експертів була проведена процедура ранжирування дефектів.

У зв'язку з тим, що отримані результати експертної оцінки якості виробів виявилися близькими, далі використовуємо дані, отримані від однієї із груп.

Мабуть, найбільш складним виявилось сформувати дві групи експертів по 8 фахівців у кожній. При формуванні груп необхідно пред'явити до експертів наступні вимоги:

- наявність вищої освіти по технологічному профілю;
- стаж роботи як представника замовника не менш 4 років;
- наявність допуску до оцінки якості й прийманню не менш, чим 75% систем і обсягів виробу;
- об'єктивність у винесенні оцінок якості виробів;
- уміння швидко виконувати доручену роботу;



- бажання робити доручену роботу.

Незважаючи на настільки серйозні вимоги, групи експертів були сформовані.

Студентами були розроблені анкети “Ранжирування й дефектів по частці їх наявності в загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб” індивідуальна й зведена, а також “Анкета попарного порівняння” індивідуальна й зведена.

Анкетування проводиться в умовах, що виключають: тиск зверху, прояву відомчості, вплив з боку й звичайні зовнішні перешкоди.

Першої проводиться процедура ранжирування дефектів. Кожний експерт розташував види дефектів по частці їх наявності в загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб. При цьому ранг 1 одержує вид дефекту, що має найбільшу частку в загальній кількості дефектів, ранг 2 - вид дефекту, що має другу по величині частку в загальній кількості дефектів, ранг 3 - вид дефекту, що має третю по величині частку в загальній кількості дефектів.

Результати анонімного анкетування експертів представлені у зведеній таблиці (табл. 1)

Таблиця 1.

Ранжирування дефектів по частці їх наявності в загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб.

Номер анкети (i)	У и д д е ф е д о т а							
	Критичні		Значні		Малозначні		Сума рангів	
	1993	1995	1993	1995	1993	1995	1993	1995
№1	2	3	2	2	1	1	5	6
№2	3	3	2	2	1	1	6	6
№3	3	2	2	2	1	1	6	5
№4	2	3	2	2	1	1	5	6

№5	2	3	2	2	1	1	5	6
№6	3	2	2	2	1	1	6	5
№7	3	3	2	2	1	1	6	6
№8	3	3	2	2	1	1	6	6

Впливаючи методиці процедури ранжирування, визначаємо суму членів натурального ряду від 1 до “n” ( “n” - число оцінюваних параметрів, у нашому випадку n = 3) .

$$S = \frac{n(n+1)}{2} = \frac{3(3+1)}{2} = \frac{12}{2} = 6 \quad (1)$$

Стандартизованые ранги визначаються як середні суми місць, поділених між собою різними параметрами (у нашому випадку - дефектами) з однаковими рангами (табл. 2).

Таблиця 2-ранжирування дефектів по частці їх наявності в загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб (після стандартизації).

Номер анкети (i)	У и д е ф е д о т а							
	Критичні		Значні		Малозначні		Сума рангів	
	1993	1995	1993	1995	1993	1995	1993	1995
№1	2,5	3	2,5	2	1	1	6	6
№2	3	3	2	2	1	1	6	6
№3	3	2,5	2	2,5	1	1	6	5
№4	2,5	3	2,5	2	1	1	6	6
№5	2,5	3	2,5	2	1	1	6	6
№6	3	2,5	2	2,5	1	1	6	5
№7	3	3	2	2	1	1	6	6

№8	3	3	2	2	1	1	6	6
Сума	22,5	23	17,5	17	8	8	48	48

рангів

Сума рангів, призначених експертами  $j$ -му параметру (виду дефекту), визначається по формулі:

$$S_j = \sum_{i=1}^n R_{ij} \quad (2)$$

де  $R_{ij}$  - ранг, даний  $i$ -м експертом  $j$ -му параметру (виду дефекту).

Вид дефекту, у якого сума рангів найменша, вважаємо має найбільшу частку в загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб.

Після суми рангів кожного виду дефектів визначаємо середню суму:

$$S = \frac{mn(n+1)}{2n} = \frac{1}{2}m(n+1) \quad (3)$$

де  $m$ - число експертів ;  $n$  - число видів дефектів

$$S = \frac{1}{2}8(3+1) = 16$$

Потім знаходимо алгебраїчну різницю між сумою рангів  $j$ -го параметра й середнім значенням

$$d = S_j - S \quad (4)$$

$$d_1 = 22,5 - 16 = 6,5 \text{ і т.д.}$$

І розраховуємо суму квадратів алгебраїчних різниць :

$$K = \sum_{i=1}^n d^2_{ij} \quad (5)$$

Усі розрахунки зводимо в таблицю (табл. 3).

Таблиця 3-оцінка погодженості думок експертів

Послідовність погодженості експертів	оцінки думок	Критичні		Значні		Малозначні	
		1993	1995	1993	1995	1993	1995
1. Сума рангів		22,5	23	17,5	17	8	8
2. Середнє арифметична сума		16	16	16	16	16	16
3. Алгебраїчна різниця		6,5	7	1,5	1	-8	-8
4. Квадрати різниць		42,25	49	2,25	1	64	64

Сума квадратів алгебраїчних різниць

$$K_1 = 42,25 + 2,25 + 64 = 108,5 \quad K_2 = 49 + 1,0 + 64 = 114$$

У теорії експертних оцінок показано, що якщо думки всіх експертів збігаються, а серед рангів, даних експертами, немає однакових, то середній квадрат алгебраїчних різниць максимальний і розраховується по наступній формулі :

$$K = K_{\max} = \frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) \quad (6)$$

У нашому випадку

$$K_{\max} = \frac{1}{12} 8^2 (3^3 - 3) = 128$$

Розраховуємо коефіцієнт конкордації (До конк.):

$$K_{\max} = \frac{K}{K_{\max}} \quad (7)$$

$$K_{\text{konk}} = \frac{108,5}{128} = 0,84765$$

$$K_{\text{konk}} = \frac{114}{128} = 0,89062$$

Якщо коефіцієнт конкордації рівний або близький до нуля, то це означає практично повну непогодженість думок експертів. При наближенні коефіцієнта конкордації до одиниці можна говорити про єдність думок експертів.

Подальшу роботу із групою експертів доцільно проводити лише у випадку, коли коефіцієнт конкордації більше або рівний 0,40.

У цьому випадку коефіцієнт конкордації виявився більше 0,40 в обох групах і для обох оцінюваних періодів. Таким чином, ми можемо перейти до наступного етапу, що передбачає кількісне визначення частки кожного виду дефектів.

Частку кожного виду дефектів у загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб, визначаємо за допомогою методу парних порівнянь. Цей метод припускає порівняння частки кожних двох видів дефектів (попарне порівняння) по десятибальній шкалі. Але в нашому випадку, коли найбільш близькими співвідношеннями до фактичних даних є співвідношення, що виходять із 100 - бальної шкали, то за пропозицією експертів в основу методу була покладено сто бальна шкала.

Розглянемо відповіді першого експерта на анкету попарного порівняння (табл.4).

Таблиця 4-анкета попарного порівняння

Роки	Вид дефекту	Критичні	Значні	Малозначні	Сума
1993	Критичні	*	15	5	20
	Значні	85	*	10	95
	Малозначні	95	90	*	185
1995	Критичні	*	12	3	15
	Значні	88	*	8	96
	Малозначні	97	92	*	189
РАЗОМ:		180/185	105/104	15/11	300/300

Експерт, що заповнює таку матрицю, проставляє на перетинанні відповідних рядка й стовпця двох порівнюваних видів дефектів частку кожного. Наприклад, частка критичного виду дефектів оцінюється співвідношенням 15 до 85. У сумі для кожної пари видів дефектів дається 100 балів, які між ними експерти ділять у відповідному відношенні.

для матриці  $3 * 3$  кожний експерт повинен зробити 3 оцінки по 100 балів, що в підсумку дає 100 одиниць.

Після одержання анкет попарного порівняння від експертів результати були просуммировані (табл. 5).

Таблиця 5-зведена анкета попарного порівняння

Роки	Вид дефекту	Критичні	Значні	Малозначні	Сума
1993	Критичні	*	98	26	124
	Значні	702	*	149	851
	Малозначні	774	651	*	1425
1995	Критичні	*	79	18	97
	Значні	721	*	142	863
	Малозначні	782	658	*	1440

РАЗОМ:

2400/2400

Таким чином, якщо прийняти загальну кількість дефектів, що доводяться на один виріб, за одиницю, то частка кожного виду дефекту в частинах одиниці буде наступною (табл. 6).

Таблиця 6-частка кожного виду дефектів у загальній кількості дефектів,  
що доводяться на один виріб

Види дефектів	Д про л я в и д про в д е ф е д о т про в			
	у частках одиниці		у відсотках	
	1993	1995	1993	1995
Критичні	$\frac{124}{2400} = 0,05167$	$\frac{97}{2400} = 0,04042$	5,167	4,042
Значні	$\frac{851}{2400} = 0,35458$	$\frac{863}{2400} = 0,35958$	35,458	35,958

Малозначні	$\frac{1425}{2400} = 0,59375$	$\frac{1440}{2400} = 0,60000$	59,375	60,000
------------	-------------------------------	-------------------------------	--------	--------

Отримані результати можуть бути використані для прийняття управлінських розв'язків.

І, дійсно, адже контроль якості виробів здійснюється із застосуванням різних видів контролю.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що якість продукції в цілому підвищується. Про це говорить той факт, що частка критичних дефектів у загальній кількості дефектів, що доводяться на один виріб, за два роки, що пройшли з моменту сертифікації виробництва, знизилася з 5,167 % до 4,042 %. І це пояснюється проведенням цілого комплексу робіт з удосконалювання комплексної системи УКП, що функціонує на підприємстві.

Наприклад:

- розробка й використання в агрегатно - складальних цехах, цеху попереднього складання й цеху остаточного складання уніфікованого встаткування, оснащення й пристосувань для виробництва монтажів не тільки скоротили можливість ушкодження виробів, що виникає в наслідку переміщення зазначеного встаткування при відпрацьовуванні модифікованого виробу, але й суттєво підвищили ефективність виконання робіт з одночасним скороченням циклу відпрацьовування виробів. Це створило реальну можливість збільшення виробничої потужності підприємства при фактичному скороченні трудових витрат на (1,5 - 3) %. Оцінка дана для етапу попереднього й остаточного складання виробів.

Враховуючи вищевикладене, можна дійти висновку, що в якості управлінських розв'язків можуть бути ухвалені рішення про зміну видів контролю якості продукції. До них можна віднести наступні:

- заміна суцільного контролю вибіркоким ( по окремих системах виробів) як з боку представника замовника, так і з боку відділу технічного контролю;



- скорочення числа контрольованих операцій працівниками відділу технічного контролю за рахунок передачі деяких операцій на самоконтроль виконавцям;

- заміна випробувань деталей, вузлів, агрегатів за допомогою застосування руйнуючого контролю на неруйнуючий контроль;

- заміна безперервного контролю на періодичний, а періодичного, у свою чергу, на оперативний (летучий);

- заміна ручного контролю на напівавтоматичний і автоматичний (при наявності відповідних засобів контролю на підприємстві).

Безсумнівно, подібні управлінські розв'язки, в істотній мері, вплинуть на економічну ефективність роботи окремих підрозділів і підприємства в цілому. Це, в остаточному підсумку, позначиться на підвищенні конкурентоспроможності виробів.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Кохно П.А., Микрюков В.А., Комарів С.Е. Менеджмент.-М.: Фінанси й статистика, 1993.-224с.

2. ДЕРЖСТАНДАРТ 15467 - 79 ( Ст. СЭВ 3519 - 81 ). Основні поняття. Терміни й визначення.- М. : Видавництво стандартів, 1981 .

### **ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ № 3**

#### **ВИБІР ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЕКСПЕРТНИМ МЕТОДОМ**

При оцінюванні рівня якості продукції або її технічного рівня важливо обґрунтовано здійснити вибір показників якості продукції або показників, які характеризують її технічну досконалість.

*Показник якості продукції* - кількісна характеристика одного або декількох властивостей продукції, які становлять її якість, по певних вимогах її створення, експлуатації або споживання.

Термін "показник якості продукції" передбачає визначення показника якості і його чисельне значення. Показники якості продукції можуть мати розмірність, або є безрозмірними.

*Одиничний показник якості продукції* - показник якості продукції, який характеризує одне з її властивостей.

*Визначальний показник якості продукції* - показник якості продукції, згідно з яким ухвалюють розв'язок щодо оцінювання її якості.

Вибір визначальних показників якості полягає в обмеженні переліку показників якості залежно від значень коефіцієнтів вагомості показників якості  $g_i$  у загальній оцінці якості продукції. Чим більше значення має коефіцієнт вагомості показника якості  $g_i$ , тим більше вплив відповідного показника якості на оцінку якості продукції. Сума всіх коефіцієнтів вагомості показників якості  $g_i$  відповідно до вимоги нормування рівняється одиниці:

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum_{i=1}^n g_i = 1 \quad (1)$$

де  $n$  – кількість показників якості продукції.

У кваліметрії для обґрунтованого визначення якості продукції використовують експертні методи.

Ціль практичного заняття - здійснити вибір визначальних показників якості продукції експертним методом.

1. Погодити показник продукції, по якому здійснюють вибір визначальних показників якості.

2. Визначити обмежений (необмежений) перелік показників якості продукції.

3. Здійснити експертне опитування відповідно до п.2.

4. Провести обробку даних експертного опитування.

5. Провести аналіз отриманих результатів.

### **Сутність експертних методів**

Експертні методи застосовують тоді, коли для визначення показників якості продукції неможливо або важко використовувати більш об'єктивні методи, а саме: вимірвальний, реєстраційний, розрахунковий.

*Експертний метод визначення показників якості продукції* -метод визначення показників якості продукції на основі розв'язку, який ухвалюють експерти.

У своїй діяльності експерти застосовують різні методи визначення коефіцієнтів вагомості показників якості, а саме:

- експрес-метод;
- метод ранжирування;
- метод парного порівняння;
- метод оцінювання по балах.

Сутність експрес-методу полягає в тому, що експертна група безпосередньо визначає коефіцієнти вагомості. Якщо є розбіжність думок, розв'язку ухвалюють більшістю в 2/3 голосів експертів.

Сутність методу ранжирування полягає в тому, що кожному показнику якості привласнюють ранг.

Сутність методу парного порівняння полягає в тому, що кожний показник якості порівнюють із іншими. Для кожної пари показників якості експерт визначає пріоритет ">", "=", "<". Пріоритет оцінюють так: ">"=1; "="=0,5; "<"=0. Потім для кожного показника якості підраховують суму пріоритетів.

Сутність методу оцінювання по балах полягає в тому, що кожному показнику якості привласнюють бал відповідно до певної шкали.

Вибір найменування продукції здійснюють на основі пропозицій студентів групи. (можна вибрати з ДЕРЖСТАНДАРТ 4.349 "Інструмент абразивний. Номенклатура показників"

### **Експертне опитування**

Основні операції процесу експертного опитування при оцінюванні показників якості такі:

1. Вибір продукції, для якої здійснюють вибір визначальних показників якості.
2. Визначення обмеженого (необмеженого) переліку показників якості продукції.
3. Здійснення експертного опитування.
4. Обробка даних експертного опитування.
5. Аналіз результатів експертного опитування.

Якщо експертне опитування здійснюють для обмеженого переліку показників якості, кожний експерт призначає рангові оцінки значимості показників якості відповідно до переліку.

Якщо експертне опитування здійснюють за умови, коли перелік показників якості не обмежують, кожний експерт пропонує свій перелік показників якості продукції й ранги, які ним відповідають.

Якщо експерти здійснюють рангове оцінювання обмеженого переліку показників якості, то найважливіший показник якості позначають рангом  $DO = 1$ , а найменш значущий - рангом  $DO = n$ . Якщо експерт вважає кілька показників рівнозначними, то їм призначають однакові ранги. Наприклад, якщо показник, на думку експерта, розміщений на четвертому, п'ятому й шостому місцях, те кожному з них призначають ранг  $(4+5+6)/3=5$ . Сума рангів показників якості постійна й рівняється

$$\sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{2} n(n+1) \quad (2)$$

Приклад такої оцінки показників якості представлена в табл. 1.

У випадку експертного оцінювання необмеженого переліку показників якості вважають, що показники якості, якою експерт не призначив оцінку, мають однаковий найбільш низький ранг. Тоді при одній відсутній оцінці їй призначають ранг  $R = n$ , при двох -  $R = (n - 1/2)$ , при трьох -  $R = (n - 1)$ , при чотирьох -  $R = (n - 3/2)$  і т.д. Приклад такої оцінки показників якості представлена в табл. 2.

Приклад рангових оцінок показників якості з урахуванням оцінок, які не призначені експертами, представлений у табл. 3.

Таблиця 1 Рангові оцінки показників якості (приклад необмеженого переліку показників якості)

Експерт	Показник якості $Q_i$								$\sum_{i=1}^n Q_i$	$T_i$
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$		
1	6,5	2	5	1	3,5	3,5	8	6,5	36	12
2	6	1,5	7	1,5	3	4	8	5	36	6
3	5	3	7,5	1	3	3	7,5	6	36	30
4	6	1	7	2,5	4,5	4,5	8	2,5	36	12
5	5	4	7	2	2	2	7	7	36	48
6	6,5	2	6,5	1	4,5	4,5	8	3	36	12

Таблиця 2 Рангові оцінки показників якості (приклад необмеженого переліку показників якості)

Експерт	Показник якості $Q_i$										$\sum_{i=1}^n Q_i$	$T_i$
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$	$Q_{10}$		
1	-	-	3	-	1,5	1,5	4	6	-	5	-	-
2	6,5	6,5	5	-	2	4	3	1	-	8	-	-
3	-	-	4,5	8	1	4,5	2	3	7	6	-	-
4	7,5	7,5	4	9	2	5,5	2	2	10	5,5	-	-
5	-	-	4	-	1,5	5	3	1,5	-	6	-	-
6	8	8	6	8	2	3,5	3,5	1	10	5	-	-

Таблиця 3 Рангові оцінки показників якості з обліком непризначених експертами оцінок

Експерт	Показник якості $Q_i$										$\sum_{i=1}^n Q_i$	$T_i$
	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$	$Q_{10}$		
1	8,5	8,5	3	8,5	1,5	1,5	4	6	8,5	5	55	58
2	6,5	6,5	5	9,5	2	4	3	1	9,5	8	55	12
3	9,5	9,5	4,5	8	1	4,5	2	3	7	6	55	12
4	7,5	7,5	4	9	2	5,5	2	2	10	5,5	55	36
5	8,5	8,5	4	8,5	1,5	5	3	1,5	8,5	6	55	58
6	8	8	6	8	2	3,5	3,5	1	10	5	55	30

### Обробка даних експертного опитування

Обробка даних експертного опитування полягає у визначенні погодженості думок експертів і підрахунку зведених характеристик опитування щодо кожного показника. Порядок обробки даних такий.

1. Розрахунки коефіцієнта погодженості думок експертів.
2. Визначення статистичної значимості погодженості думок експертів.

Оцінкою коефіцієнта погодженості думок експертів є коефіцієнт конкордації Кендела

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} \quad (3)$$

де  $m$ - кількість експертів;

$S_i$  – сума рангових оцінок експертів згідно з кожним показником;

$\bar{S}$  - середня сума рангів усіх показників;

$T_j$  – показник однаковості.

Коефіцієнт конкордації Кенделя ухвалює значення в інтервалі  $0 \leq W \leq 1$ .

Сума рангових оцінок експертів згідно з кожним показником

$$S_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} \quad (4)$$

Середня сума рангів усіх показників

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{2} m(n+1) \quad (5)$$

Показник однаковості

$$T_j = \sum_{j=1}^u (t_j^3 - t_j) \quad (6)$$

де  $t_j$  - кількість оцінок з однаковим рангом  $j$ -го експерта;

$i$  - кількість груп рангів з однаковими оцінками  $j$ -го експерта.

Погодженість думок експертів вважають прийнятною, якщо значення коефіцієнта конкордації  $W \geq 0,6$ . Значимість коефіцієнта конкордації оцінюють

за критерієм  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = Wm(n-1) \quad (7)$$

Коефіцієнт конкордації  $W$ - статистично значимий, якщо

$$\chi^2 > \chi_{(1-\alpha);f}^2 \quad (1.8)$$

де  $f$  - число ступенів волі,  $f=(n-1)$ ;

$\alpha$  - рівень значимості.

Звичайно ухвалюють рівень значимості  $\alpha = 0,05$ . Тоді довірча ймовірність  $P = (1 - \alpha) = 0,95$ .

Значення критерію  $\chi_{0.95;f}^2$  наведені в табл.4.

$f$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----



$\chi^2_{0.95;f}$	3,84	5,99	7,82	9,49	11,07	12,59	14,07	15,51	16,92	18,31	19,68
-------------------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

### Аналіз результатів експертного опитування

Аналіз результатів експертного опитування передбачає:

1. Розрахунки коефіцієнтів вагомості показників якості.
2. Вибір визначальних показників якості.
3. Визначення показника якості складу експертної групи.
4. Визначення ступеня погодженості думок експертів щодо окремих показників якості продукції.

Коефіцієнт вагомості кожного показника якості

$$g_i = 2 \frac{mn - S_i}{mn(n-1)} \quad (9)$$

Істотно значимими вважають показники, для яких виконується нерівність

$g_i \geq 1/n$ . Саме ці показники є визначальними показниками якості продукції.

Підвищення погодженості думок експертів при  $W < 0,6$

досягають за рахунок проведення повторних турів опитування експертів або шляхом усунення експертів, думки яких не узгодяться з думками інших експертів. При проведенні повторного тура опитування експертів знайомлять із результатами попереднього тура. Подальша обробка результатів опитування експертів здійснюють відповідно до розглянутої методики.

Відстороняють тих експертів, результати оцінки якості яких різко відрізняються від оцінок інших експертів або шляхом перегляду результатів таблиці експертного опитування, або з використанням інших методик, наприклад, за умови підрахунку коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена між оцінками окремих експертів  $R_{ij}$  і середніми

оцінками інших експертів  $\bar{R}_{(i)}$

Коефіцієнт рангової кореляції

$$r_j = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_{ij} - \bar{R}_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

При  $r_j \leq 0,5$  можна вважати, що оцінка даного експерта не корелює з іншими експертами й такого експерта виключають.

Збіг думок експертів за іншими показниками оцінюють за коефіцієнтом варіації

$$C_{Rj} = \frac{\sigma_{Rj}}{\bar{R}_j}, \quad i=1, n,$$

де  $\sigma_j$  – середнє квадратичне відхилення рангових оцінок  $j$ -го показника;

$\bar{R}_i$  - середня рангова оцінка  $i$ -го показника.

Середнє квадратичне відхилення рангових оцінок експертів для даного показника

$$\sigma_{Ri} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^n (R_{ij} - \bar{R}_i)^2}$$

Чим менше значення коефіцієнта варіації  $C_{Ri}$ , тем вище

погодженість думок експертів щодо окремих показників. Оцінки погодженості думок експертів такі:

- $CRI < 0,10$  - погодженість висока;
- $CRI = 0,10 \dots 0,15$  - погодженість вище середньої;
- $CRI = 0,16 \dots 0,25$  - погодженість середня;
- $CRI = 0,26 \dots 0,35$  - погодженість нижче середньої;
- $CRI > 0,35$  - погодженість низька.



$(S, -S)^2$										-
$Mn - Si,$										-
$g_i$										-
$R_i$										-
$\sigma_i$										-
$CR$										-

### Контрольні питання

1. Назвіть експертні методи визначення коефіцієнтів вагомості показників якості? У чому полягає сутність кожного з методів?
2. Яка послідовність робіт при реалізації експертного методу оцінювання показників якості?
3. Яка послідовність обробки даних експертного опитування?
4. Як визначають значимість коефіцієнта конкордації?
5. Як проводять аналіз результатів, отриманих при експертному оцінюванні коефіцієнтів вагомості показників якості?
6. Яким способом підвищують погодженість думок експертів?
7. Як визначають погодженість думок експертів щодо окремих показників якості?

### Список літератури

1. Шишкін І.Ф., Станякин В.М. Кваліметрія й керування якістю: Підручник для вузів. - Г.: Изд-У ВЗПИ, 1992. - 255 с.

## ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ №4.

### Перевірка засобів вимірів

**Мети й завдання роботи:** вивчення правил організації й порядку проведення перевірки засобів виміру. Ознайомлення з методами перевірки, прикладами побудови перевірочних схем, методами визначення межповерочних інтервалів.

**4.1. Короткі відомості з теорії** Перевіркою засобів вимірів називають сукупність дій, виконуваних для визначення й оцінки погрешностей засобів

вимірів. Ціль перевірки - з'ясувати, відповідають чи точностные характеристики приладів значенням, зазначеним у технічній документації, і чи придатний засіб виміру до застосування. Вид перевірки визначають залежно від того, якою метрологічною службою проведена перевірка, від характеру перевірки (інспекційна, експертна), який етап роботи засобу вимірів (первинна, періодична, позачергова). Організацію й перевірку засобів вимірів проводять відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 8.002-86 і ДЕРЖСТАНДАРТ 8.513-84.

Державну перевірку проводять територіальні органи Комітету Російської Федерації по стандартизації, метрології й сертифікації (Держстандарту Росії) - центри стандартизації, метрології й сертифікації. Державній перевірці підлягають засобу вимірів, застосовувані в якості вихідних зразків при проведенні державних випробувань і метрологічної атестації, градуировке й перевірці на підприємствах, що випускаються в обіг з виробництва або після ремонту, і багато інші. Конкретна номенклатура засобів вимірів, що підлягають обов'язкової госповерке затверджується, Держстандартом Росії.

Відомчій перевірці підлягають засобу вимірів, не зазначені в переліку засобів вимірів, що підлягають обов'язковій державній перевірці, наприклад, засобу контролю режимів технологічних процесів деталей, вузлів готової продукції.

Залежно від того, на якому етапі експлуатації засобів вимірів проводять перевірку, вона може бути:

**первинної** - якої зазнають усі засоби вимірів після виготовлення, а також усі засоби вимірів після ремонту;

**періодичної** - яку проводять при експлуатації й зберіганні засобів вимірів через певні межповерочные інтервали, установлені при проведенні державних приймальних випробувань;

**позачерговий** - яку проводять при експлуатації й зберіганні засобів вимірів з метою встановлення їх справності незалежно від строків періодичної перевірки відповідно до певних вимог НТД на методи й засобу перевірки.

**4.1.1. Методи перевірки засобів вимірів** В основу класифікації застосовуваних методів перевірки покладені наступні ознаки, відповідно до яких засобу виміру можуть бути повірені:

**без використання компаратора** (приладу порівняння), тобто безпосереднім звіренням средства, що поверяемого, вимірів зі зразковим засобом вимірів того ж виду;

**звіренням** средства, що поверяемого, вимірів зі зразковим засобом вимірів того ж виду за допомогою компаратора;

**прямим виміром** измерительным прибором, що поверяемым, величини, відтвореним зразковим заходом;

**прямим виміром** зразковим вимірювальним приладом величини, відтвореній перевірці, що зазнає, заходом;

**непрямим виміром** величини, відтвореним заходом або вимірюваної приладом, що зазнають перевірці.

**Метод безпосереднього звірення двох засобів вимірів без застосування компарирующих або яких-небудь інших проміжних приладів.**

Цей метод широко застосовується при перевірці різних засобів вимірів і т.д. Наприклад, в області електричних і магнітних вимірів цей метод застосовують при визначенні метрологічних характеристик вимірювальних приладів безпосередньої оцінки призначених для виміру струму, напруги, частоти і т.д.; в області виміру механічних величин, зокрема, тиски. Основою методу служить одночасний вимір того самого значення фізичних величин  $X$  аналогічним по роду вимірюваної величини, що поверяємим і зразковим приладами. При перевірці даним методом установлюють необхідне значення  $X$ , потім порівнюють показання прибоа, що поверяемого,  $X$  з показаннями  $x_0$  зразкового й визначають різниця  $\Delta = X - x_0$ . Різниця дорівнює абсолютної погрішності прибоа, що поверяемого, яку приводять до нормованого значення  $X_n$  для одержання наведеної погрішності  $Y$ .

$$Y = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\%$$

Цей метод може реалізовуватися двома способами:

реєстрацією зсувів. При цьому показання індикатору, що поверяемого приладу шляхом зміни вхідного сигналу встановлюють рівним значенню, що поверяемому, а погрішність визначають як різниця між показанням прибоа, що поверяемого, і дійсним значенням, обумовленим за показниками зразкового приладу.

відліком погрішності по показанню індикатору, що поверяемого приладу. При цьому номінальне значення розміру фізичної величини встановлюють по зразковому приладу, а погрішність визначають як різниця між номінальним значенням і показанням прибоа, що поверяемого.

Перший спосіб зручний тим, що дає можливість точно визначити погрішність по зразковому приладу, що має, як правило, більш високу розв'язну здатність.

Другий спосіб зручний при автоматичній перевірці, тому що дозволяє перевіряти одночасно кілька приладів за допомогою одного зразкового стредства виміру. Недоліки цього способу: нелінійність і недостатня розв'язна здатність приборов, що поверяемых. Гідності методу безпосередніх звірень: простота, відсутність необхідності застосування складного встаткування й ін.

**Метод звірення, що поверяемого засобу вимірів зі зразковим засобом вимірів того ж виду за допомогою компаратора (приладу порівняння)** полягає в тому, що в ряді випадків неможливо зрівняти показання двох приладів, наприклад, вольтметрів, якщо один з них придатний для вимірів тільки в ланцюгах постійного струму, а іншої - змінного; не можна безпосередньо зрівняти розміри заходів магнітних і електричних величин. Вимір цих величин виконують уведенням у схему перевірки деякої проміжної ланки - компаратора, що дозволяє побічно порівнювати дві однорідні або різнорідні физическиевеличини. Компаратором може бути будь-який засіб

виміру, що однаково реагує на сигнал зразкового, що й поверяемого засобів вимірів.

При звіренні заходів опору, індуктивності, ємності як компараторів використовують мости постійного або змінного токи, а при звіренні заходів опору й Едс-Потенціометри.

Звірення заходів за допомогою компараторів здійснюють *методами протиставлення й заміщення*. Загальним для цих методів перевірки засобів вимірів є вироблення сигналу про наявність різниці розмірів порівнюваних величин. Якщо цей сигнал добором, наприклад, зразкового заходу або примусовою зміною її розміру буде зведений до нуля, то це *нульовий метод*. Якщо ж на вході компаратора при одночасному впливі розмірів звірюваних заходів вимірювальний сигнал указує на наявність різниці порівнюваних розмірів, то це *диференціальний метод*.

Застосування в ході перевірки методу протиставлення дозволяє зменшити вплив на результати перевірки величин, що впливають, через те, що вони практично однаково спотворюють сигнали, що подається на вхід компаратора.

Гідності методу заміщення полягають у послідовному в часі порівнянні двох величин. Те, що ці величини включаються послідовно в ту саму частину компаратора, підвищує точність вимірів у порівнянні з іншими різновидами методу порівняння, де несиметрія ланцюгів, у які включаються порівнювані величини, приводить до виникнення систематичної погрішності. Недолік нульового методу заміщення - необхідність мати засіб вимірів, що дозволяє відтворювати будь-яке значення відомої величини без істотного зниження точності. Особливістю диференціального методу при проведенні вимірів і, зокрема, перевірки є можливість одержання достовірних результатів звірення двох засобів вимірів навіть при застосуванні порівняно грубих засобів для виміру різниці. Разом з тим реалізація цього методу вимагає наявності високоточного зразкового заходу з номінальним значенням, близьким до номінального значення звірюваного заходу.

**Метод прямого вимірювання.** Этот метод пред'являє до заходів, використовуваних у якості зразкових засобів вимірів, ряд специфічних вимог. Найбільш характерними з них є: можливість відтворення заходом тієї фізичної величини, в одиницях якої градуировано средство, що поверяемое, вимірів, достатній для перекриття всього діапазону вимірів средства, що поверяемого, вимірів діапазон фізичних величин, відтворених заходом; відповідність точності заходу, а в ряді випадків її типу й плавності зміни розміру вимогам, що оговорюються в НТД на методи й засобу перевірки засобів вимірів даного виду.

Як і при перевірці методом безпосереднього звірення, визначення основної погрішності средства, що поверяемого, вимірів проводять двома розглянутими раніше способами.

Реалізувати 1-й спосіб, що володіє рядом переваг, можна тільки при наявності магазину заходів, що дозволяє досить точно плавно змінювати відтворену або фізичну величину. У ряді випадків безпосередньо виміряти

розмір заходу средством, що поверяемым, вимірів деяку проміжну величину, яку у свою чергу безпосередньо зіставляють зі значенням зразкового заходу. Наприклад, перевірка вольтметрів звіренням їх показань із заходом ЕДС за допомогою потенціометра постійного струму.

Широке застосування метод прямих вимірів знаходить при перевірці заходів електричних і магнітних величин. Особливо він ефективний при перевірці заходів обмеженої точності.

**Метод непрямих вимірів величини, відтвореним заходом або вимірюваної приладом.** При реалізації цього методу про действительном розмірі заходу й вимірюваної прибором, що поверяемым, величини судять на підставі прямих вимірів декількох величин, пов'язаних із шуканої величиною, певною залежністю. Метод застосовується тоді, коли дійсні значення величин, відтворені або поверяемые средством, що поверяемым, вимірів, неможливо визначити прямим виміром або коли непрямі виміри більш прості або більш точні в порівнянні із прямими.

На підставі прямих вимірів і по їхніх даних виконують розрахунки. Тільки розрахунками, заснованим на певних залежностях між шуканою величиною й результатами прямих вимірів, визначають значення величини, тобто знаходять результат непрямого виміру. Наприклад, визначають систематичну складову відносної погрішності електричного лічильника активної енергії за допомогою ваттметра й секундометра. Погрішність счетчика, що поверяемого, %, знаходять по формулі:

$$\sigma = \frac{W_n - W_0}{W_0} \cdot 100$$

де  $W_0$  - дійсне значення електричної енергії за показниками зразкових приладів;  $W_n$  - значення електричної енергії за показниками счетчика, що поверяемого. Для визначення  $W_n$  необхідно знати постійну лічильника  $C$ , яка звичайно не вказується. Але на лічильнику зазначене число оборотів диска  $A$ , відповідне до енергії 1 кВт.ч. Постійна  $C = 3600 \cdot 1000 / A$  [Вт.с/ про], а обмірювана счетчиком, що поверяемым, енергія /. Якщо за показниками зразкового ваттметра встановити дійсне значення потужності /і підтримувати її незмінної протягом часу /, обумовленого по зразковому секундоміру, то дійсне значення енергії /можна визначити розрахунками по формулі /. У практиці перевірки для розрахунків погрішності частіше застосовують формулу:

$$\sigma = \frac{t_n - t_0}{t_0} \cdot 100\%$$

де /-нормальний час счетчика, що поверяемого, тобто час, за який диск правильно працюючого лічильника повинен зробити  $N$  оборотів при заданій потужності  $P$ ;  $P$  - показання (сума показань) зразкових ваттметров, Вт: Число оборотів  $N$  вибирають таким, щоб при даній потужності  $P$  показання секундоміра  $t$  було не менш 50 з, а відносна погрішність виміру часу не перевищувала, що допускається.

./.



При перевірці лічильника методом непрямого виміру енергії зразковим ваттметром і секундоміром сумарна погрішність зразкових засобів изиерений складається з погрішностей зразкових ваттметра й трансформатора струму, погрішності секундоміра й суб'єктивних погрішностей, викликаних помилками поверителя при пуску й зупинці секундометра. Остання досягає 0,3 з, тобто при часі виміру  $t = 50$  зі становить 0,6%. Отже, у порівнянні зі складовими погрішності: ваттметра 0,2-0,3%; трансформатора струму 0,1%; секундоміра 0,1...0,2%, помилка поверителя суттєво впливає на точність показань, а тому ДЕРЖСТАНДАРТ 8.259-77 передбачає, що при кожному навантаженні повинне бути виконано два спостереження. Це роблять, двічі відраховуючи число оборотів, вимірюючи час двома секундомірами.

За дійсне значення часу для даного навантаження ухвалюють середнє арифметичне двох спостережень. Якщо значення погрішності лічильника, певне за результатами двох спостережень, близько до, що гранично допускається, то проводять додатково два спостереження при даному навантаженні й обчислюють середнє арифметичне чотирьох спостережень, яке і є остаточним. Таким чином, при виконанні перевірки методом непрямих вимірів величин, вимірюваних приборами, що поверяємыми, або відтворених, що зазнають перевірки заходами, слід ураховувати той факт, що кінцевий результат непрямого виміру завжди обтяжений складовими погрішностями прямих вимірів.

**Незалежна перевірка.** Незалежна або автономна перевірка, тобто *перевірка без застосування зразкових засобів вимірів*, виникла при розробці особливо точних засобів вимірів, які не можуть бути повірені жодним з розглянутих методів через відсутність ще більш точних засобів вимірів з відповідними межами виміру. Сутність методу незалежної (автономної) перевірки, найбільше часто реалізованого при перевірці приладів порівняння, полягає в порівнянні величин, відтворених окремими елементами схем средства, що поверяемого, вимірів, з величиною, обраної в якості опорної й конструктивно відтвореної в самому средстве, що поверяемом, вимірів (спільні й сукупні виміри). Наприклад, при перевірці  $m$ -й декади потенціометра необхідно переконатися в рівності падінь напруг на кожній  $n$ -й щаблі цієї декади. Для цього, вибравши в якості опорної величини опір першому щабля декади, можна за допомогою компаратора по черзі порівнювати спадання напруги на кожній  $n$ -й щаблі зі спаданням напруги на цьому опорі.

Перехід від перевірки попередньої декади до наступної здійснюється порівнянням спадання напруги на сумі всіх щаблів наступної декади з номінально однаковим спаданням напруги на другому щаблі попередньої декади. Метод трудомісткий, але не дозволяє визначати виправлення з високою точністю безпосередньо на місці експлуатації средства, що поверяемого, вимірів, що сприяє ефективності контролю його метрологічних характеристик.

Реалізація методів перевірки здійснюється комплектною або заелементною перевіркою.

**При комплектній перевірці** засіб вимірів перевіряють у повному комплекті його складових частин, без порушення взаємозв'язку між ними. Погрішності, які при цьому визначають, розглядають як погрішності, властиві середству, що поверяемому, вимірів як єдиному цілому. При цьому засіб вимірів перебуває в умовах, максимально наближених до реальних умов експлуатації, що дозволяє в ході перевірки попутно виявити багато, властиві середству, що поверяемому, вимірів недоліки: дефекти внутрішнього монтажу, несправності перемикаючих обладнань і т.п. З урахуванням простоти й гарної вірогідності результатів комплектній перевірці завжди, коли це можливо, віддають перевагу.

У випадку неможливості реалізації комплектної перевірки, через відсутність зразкових засобів вимірів, невідповідності їх вимогам точності або межам вимірів, застосовують заелементну перевірку. Заелементна перевірка засобу вимірів - це перевірка, при якій його погрішності визначають по погрішностях окремих частин. Потім за отриманим даними розрахунками визначають погрішності, властиві середству, що поверяемому, вимірів як єдиному цілому. При цьому припускають, що закономірності взаємодії окремих частин засобу вимірів точно відомий, а можливості сторонніх впливів на його показання виключені або піддаються точному обліку. Область застосування заелементної перевірки велика й у ряді випадків виявляється єдино можливою.

Досить широко заелементну перевірку використовують при перевірці складних засобів вимірів, що полягають із компаратора із вбудованими в нього зразковими заходами. Слід особливо зазначити, що за результатами заелементної перевірки, якщо дійсна погрішність перевищує, що допускається, можна безпосередньо встановити причину несправності засобів вимірів. Істотним недоліком заелементної перевірки є її трудомісткість і складність реалізації в порівнянні з комплексною перевіркою.

#### **4.2. Перевірочні схеми**

Перевірочні схеми - це документ, що визначає засоби, методи й точність передачі розміру одиниці фізичної величини від державного еталона або вихідного зразкового засобу вимірів робочим засобам вимірів.

Розрізняють державні, відомчі й локальні перевірочні схеми, створення й реалізацію яких визначають ДЕРЖСТАНДАРТ 8.061-80.

При розробці перевірочної схеми необхідно обґрунтувати оптимальність її структури (методи перевірки, види вторинних еталонів, число розрядів зразкових засобів вимірів і т.д.). При цьому підібрати оптимальні співвідношення погрішностей, що поверяемого й зразкового приладів, урахувати ймовірності визнання придатними несправних приладів і т.д.

Перевірочні схеми оформляють у вигляді креслення, на якому вказують найменування засобів вимірів і методів перевірки, номінальні значення або діапазони значень фізичних величин, засобів вимірів і методів перевірки. Креслення доповнюється текстовою частиною (мал. 21.).

Креслення повинен складатися з полів, розташованих друг над іншою й розділених штриховими лініями, число яких залежить від структури

перевірочної схеми. Поля повинні мати найменування, що вказуються в лівій частині креслення, відділеною вертикальною суцільною лінією.

У верхньому полі креслення державної перевірочної схеми, очолюваної державним еталоном, вказують найменування еталонів у порядку їх співвідпорядкованості. У верхньому полі креслення відомчої або локальної перевірочної схеми вказують найменування еталона або локальної перевірочної схеми.

Для засобів вимірів похідних величин, одиниці яких відтворюють методом непрямих вимірів, у верхньому полі креслення вказують найменування зразкових засобів вимірів, застосовуваних для відтворення даної одиниці й запозичення з інших державних перевірочних схем. Найменування цих зразкових засобів вимірів повинні бути дані з посиланнями на відповідні перевірочні схеми. Номінальні значення або діапазони значень фізичних величин і значення їх погрішностей вказують над найменуваннями еталонів і зразкових засобів вимірів.

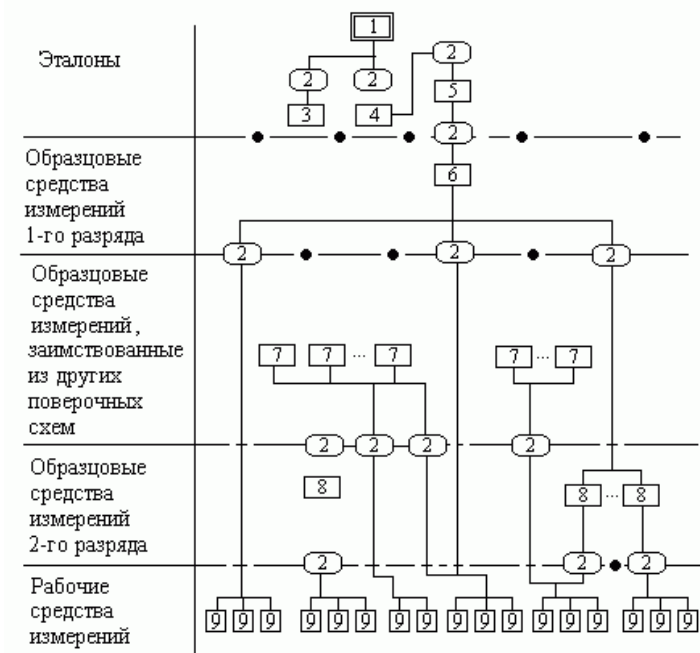


Рис. 21

- 1 - державний еталон;
- 2 - метод передачі розміру одиниці;
- 3 - еталон порівняння ( для міжнародних звірень);
- 4 - еталон-копія;
- 5 - робочий еталон;
- 6,8 - зразкові засоби вимірів відповідних розрядів;
- 7 - зразкові засоби вимірів, запозичені з інших перевірочних схем;
- 9 - робочі засоби вимірів

Під полем еталонів розташовують поле зразкових засобів вимірів 1-го розряду й далі поля підлеглих зразкових засобів вимірів. У тих перевірочних схемах, де повинна бути показана передача розміру одиниці від зразкових

засобів вимірів, запозичених з інших перевірочних схем, їх найменування поміщають у спеціально відведеному полі. У відомчих і локальних перевірочних схемах указують розряди зразкових засобів вимірів, що відповідають привласненим цим засобам вимірів у державних перевірочних схемах. Під найменуваннями зразкових засобів вимірів показують діапазони вимірів і значення погрішностей засобів вимірів. Поле робочих засобів вимірів поміщають під полем підлеглого зразкового засобу вимірів. Ліворуч праворуч у порядку зростання погрішності в ньому розташовують групи робочих засобів вимірів, що поверяються по зразкових засобах одного найменування. Для кожної групи вказують вид, діапазон вимірів і значення погрішностей засобів вимірів.

Погрішності еталонів характеризують відповідно до вимог ДЕРЖСТАНДАРТ 8.057-80, погрішності зразкових засобів вимірів - межею погрішності, що допускається, засобів вимірів при соответствующей довірчій ймовірності 0.90, 0.95 або 0.99, метрологічні характеристики й, зокрема, погрішності робочих засобів вимірів - межею погрішності, що допускається, засобів вимірів. Форми вираження погрішності зразкових і робочих засобів вимірів в одній перевірочній схемі повинна бути однаковою.

У перевірочних схемах найменування засобів вимірів, їх номінальні значення або діапазони значень фізичних величин і погрішності відповідають: для еталонів - вимогам ДЕРЖСТАНДАРТ 8.372-80; для зразкових засобів вимірів - державним стандартам на технічні вимоги або свідченню про їхню метрологічну атестацію; для робочих засобів вимірів - державним стандартам на технічні вимоги до цих средств. Найменування й позначення фізичних величин і їх одиниць указують відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 8.417-81.

На перевірочній схемі також указують один з методів перевірки засобів вимірів: безпосереднього звірення або звірення за допомогою компаратора або інших засобів порівняння; прямих, непрямих, спільних або сукупних вимірів.

На кресленні перевірочної схеми найменування державного еталона містять у прямокутник, утворений подвійною лінією, а вторинні еталони, зразкові й робочі засоби вимірів - у прямокутники, утворені одинарною лінією. Найменування методів перевірки поміщають у горизонтальні овали між найменуваннями образцового средства, що поверяемого й, вимірів.

Локальна перевірочна схема формується відповідно до вищевикладених вимоги: передача розмірів одиниць зверху вниз, компоновання й оформлення елементів відомчої (локальної) перевірочної схеми наведена на мал.21; пояснювальний текст до неї повинен складатися із вступної частини й пояснень до її елементів, що несуть додаткову інформацію.

**4.3. Визначення межповерочних інтервалів для засобів вимірів** - це функція організацій, що проводять їхню перевірку. Рекомендується встановлювати межповерочні інтервали або в годиннику наробітку, або в календарному часі ( у місяцях ), використовуючи наступний ряд чисел: 1; 1.5; 2; 3; 4; 5; 9; 12; 18; 24 і 36. Визначення межповерочних інтервалів рекомендується робити на основі статистичної обробки, інтерполяції даних, накопичених у

період експлуатації, і перевірки засобів вимірів. У випадку відмови засобів вимірів їх направляють у ремонт і на наступну перевірку незалежно від установленого межповерочного інтервалу.

Для визначення межповерочних інтервалів засобів вимірів обробляють статистичні дані за основними показниками надійності в конкретних умовах експлуатації, якими є: імовірність безвідмовної роботи протягом певного проміжку часу  $t$  (межповерочного інтервалу) /; інтенсивність відмов /; наробіток на відмову /.

Нагромадження статистичної інформації здійснюють метрологічні служби підприємств для вивчення й визначення межповерочних інтервалів.

При визначенні межповерочних інтервалів засобів вимірів виконують наступні операції:

формують "однорідні" групи засобів вимірів;

призначають перший межповерочний інтервал для кожної групи засобів вимірів;

збирають і обробляють статистичну інформацію про поведінку засобів вимірів кожної "однорідної" групи в конкретних умовах експлуатації протягом призначеного межповерочного інтервалу й визначають статистичні дані по показниках надійності;

оцінюють правильність раніше призначеного межповерочного інтервалу й, якщо буде потреба, його коректують ( збільшують або зменшують інтервал );

збирають і обробляють статистичну інформацію про поведінку кожної "однорідної" групи в конкретних умовах комутації й оцінюють правильність раніше призначеного межповерочного інтервалу після кожної періодичної перевірки всіх засобів вимірів "однорідної" групи протягом усього періоду їх експлуатації.

"Однорідні" групи засобів вимірів формують із не менш чому 30 шт на підставі спільності наступних факторів: показників надійності (типу, призначення, заводу-виготовлювача, року випуску, класу точності, наявності вібрації і т.д.); інтенсивності експлуатації; що допускається ймовірності безвідмовної роботи.

Перший межповерочний інтервал ( як і скоректовані), якщо відомі значення показників надійності, устанавлюють розрахунками - один для всіх засобів вимірів, що входять в "однорідну" групу. Якщо повністю відсутні які-небудь вихідні дані про числові значення показників надійності, то перший межповерочний інтервал ухвалюють рівним періодичності перевірок, устанавлених у даний момент на підприємстві.

Розрахунки межповерочних інтервалів по показниках надійності роблять двома методами - по /або /.

По  $\lambda_1$  межповерочные інтервали розраховують у тих випадках, коли за якимись причинами утруднений облік часу наробітку. У цьому випадку перший межповерочний інтервал при прийнятому експонентному законі розподілу часу безвідмовної роботи визначають по формулі:

/(108)

де  $t_1$  - перший межповерочний інтервал;  $\lambda_1$ - інтенсивність відмов;  $P_{\text{доп}}$  - імовірність, що допускається, безвідмовної роботи ( $P_{\text{доп}} = 1 - Q_{\text{доп}}$ , де  $Q_{\text{доп}}$  - імовірність, що допускається, відмови).

Що допускається ймовірність безвідмовної роботи  $P_{\text{доп}}$  для робочих засобів вимірів вибирають у межах 0,85 - 0,99 залежно від ступеня відповідальності вимірів. Для відповідальних вимірів, наприклад, вимірів вихідних параметрів основних виробів, рекомендується ухвалювати  $P_{\text{доп}}$  у межах 0,95-0,99.

Значення  $P_{\text{доп}}$  визначають при відпрацьовуванні конкретного технологічного процесу, а також при аналізі його економічної ефективності. Для засобів вимірів, не що брав участь безпосередньо в технологічному процесі, значення  $P_{\text{доп}}$  установлює метрологічна служба підприємства.

Якщо є відомості про значення показника  $\lambda$ , то розрахунки межповерочного інтервалу роблять по формулі:

/.

Нагромадження (збір) статистичної інформації здійснюють із метою визначення кількісних значень показника надійності й установлення кількості забракованих засобів вимірів пі від загальної кількості однорідної групи  $N_i$  протягом межповерочного інтервалу  $t$ . При обробці статистичних даних ураховують тільки "сховані" відмови, виявлені при черговій перевірці, які не можуть бути виявлені при експлуатації засобів вимірів. До них ставляться погрішність, варіація, нестабільність нуля й т.п. Явні відмови, тобто коли відмова можна виявити без перевірки, при розрахунках ураховувати не слід.

Після перевірки всіх засобів вимірів "однорідної" групи роблять узагальнення інформації й розрахунки показників надійності. Статистичні значення ймовірності безвідмовної роботи  $P_i$ , інтенсивності отказов  $\lambda_i$  і наробітку на відмову  $T_0$  визначають по формулі:

/(109)

де  $N_i$  - кількість засобів вимірів "однорідної" групи;  $n_i$  - кількість засобів вимірів, забракованих по "схованих" відмовах протягом межповерочного інтервалу  $t$ ;  $T_{0i}$  - наробіток на відмову  $i$ -го засобу вимірів в "однорідній групі". Результати розрахунків по формулах зтягають у табл.23.

Таблиця 23

Номер групи	Найменування засобів вимірів, тип і характеристика	Кількість засобів вимірів "однорідної групи"	Кількість засобів, що відмовили, вимірів	Імовірність безвідмовної роботи	Інтенсивність відмов	Примітка
1	2	3	4	5	6	7

Наробіток на відмову кожного засобу вимірів визначають відношенням сумарного наробітку засобів вимірів до кількості "схованих" відмов:

$$T_{0i} = \sum_{i=1}^n \tau / n_i$$

де □ -наробіток, тобто час справної роботи між (i-1) і i-мі відмовами (ухвалюють, що "схований" відмова відбулася в середині межповерочного інтервалу; n<sub>i</sub> - кількість "схованих" відмов для даного засобу виміру).

Облік даних про відмови здійснюють за формою, наведеної в табл.24.

Таблиця 24

Завод виготовлювач	Заводський номер	Рік випуску	Тип або система	Межі виміру	Клас точності, основна погрішність		
.	№ 60328	1989	B3-20	0,0075-300	не більш-1,5		
Результати перевірки				Наробіток меж перевірок		Наробіток на відмову	Примітка
Дата чергової перевірки	Придатний або шлюб	Відмова		Загальна	Справного приладу		
		Вид	Причина				
09.01.90	Придатний	--	--	--	--	--	Уведений в експлуат.
25.08.90	Придатний	--	--	1100	1100	--	.
12.01.91	Придатний	--	--	620	620	--	.
10.08.91	Шлюб	Схований	Погрішність допуску на межі 100В	1060	530	--	.
14.01.92	Придатний	--	--	610	610	--	.
23.03.92	Шлюб	Схований	Погрішність допуску на межі 300В	680	340	1900	.
28.08.92	Придатний	--	--	660	660	--	.

01.11.92	Придатний	--	--	630	630	--	.
18.03.93	Шлюб	Схований	Погрішність допуску на межі 10В	640	320	1810	.
27.09.93	Придатний	--	--	630	630	--	.

Оцінку правильності раніше призначеного межповерочного інтервалу роблять із довірчою ймовірністю 0,80, використовуючи наступну нерівність:

$$P_1 \geq P_1^* / (110)$$

де  $P_1^*$  - статистичне значення ймовірності безвідмовної роботи.

При виконанні цього співвідношення межповерочний інтервал залишають до чергової перевірки незмінним. Якщо відзначена умова не виконується, то коректується черговий межповерочний інтервал відповідно до рівняння:

$$t_2 = C * t_1$$

де  $C$  - коефіцієнт корекції;

$$C = \ln P_{\text{доп}} / \ln P_1 - \ln(1 - q_{\text{доп}}) / \ln(1 - q_1). \quad (111)$$

Залежність коефіцієнта корекції  $C$  від отриманих статистичних значень  $P_1^*$  при  $P_{\text{доп}} = 0,85; 0,90; 0,95; 0,99$  наведено в таблиці 25.

Таблиця 25

$\frac{N_i}{N_i}$	Із при $P_{\text{доп}}$				$\frac{N_i}{N_i}$	Із при $P_{\text{доп}}$		
	0,85	0,90	0,95	0,99		0,85	0,90	0,95
0,01	16,20	10,500	5,100	1,000	0,26	0,54	0,348	0,169
0,02	8,10	5,250	2,550	0,500	0,27	0,51	0,333	0,160
0,03	5,40	3,500	1,700	0,330	0,28	0,49	0,320	0,155
0,04	3,95	2,560	1,244	0,244	0,29	0,47	0,307	0,149
0,05	3,18	2,058	1,00	0,196	0,30	0,45	0,294	0,142
0,06	2,60	1,690	0,820	0,161	0,31	0,43	0,283	0,137
0,07	2,24	1,450	0,708	0,138	0,32	0,42	0,272	0,132
0,08	1,95	1,265	0,614	0,120	0,33	0,400	0,262	0,127
0,09	1,72	0,117	0,540	0,106	0,34	0,389	0,252	0,122
0,10	1,54	1,000	0,485	0,096	0,35	0,375	0,243	0,118
0,11	1,39	0,940	0,439	--	0,36	0,363	0,235	0,114
0,12	1,26	0,820	0,396	--	0,37	0,350	0,227	0,110
0,13	1,16	0,755	0,367	--	0,38	0,338	0,219	0,106
0,14	1,07	0,695	0,337	--	0,39	0,327	0,212	0,103



0,15	1,00	0,648	0,315	--	0,40	0,317	0,205	0,099
0,16	0,93	0,603	0,293	--	0,41	0,306	0,198	0,095
0,17	0,87	0,564	0,274	--	0,42	0,297	0,192	0,093
0,18	0,82	0,530	0,297	--	0,43	0,289	0,186	0,090
0,19	0,76	0,497	0,241	--	0,44	0,279	0,181	0,087
0,20	0,72	0,470	0,228	--	0,45	0,270	0,175	0,085
0,21	0,65	0,444	0,216	--	0,46	0,262	0,170	0,082
0,22	0,65	0,423	0,205	--	0,47	0,255	0,165	0,080
0,23	0,62	0,402	0,195	--	0,48	0,247	0,160	0,077
0,24	0,59	0,363	0,185	--	0,49	0,240	0,156	0,075
0,25	0,56	0,364	0,177	--	0,50	0,233	0,151	0,073

**Приклад 1.** Розрахунки на основі показника  $\square$ . Для однорідної групи засобів вимірів ( $N_i = 100$  шт.) необхідно призначити межповерочний інтервал  $t_1$ , імовірність, що допускається, безвідмовної роботи  $R_{\text{доп}} = 0,85$ . установлена при випробуваннях інтенсивність відмов аналогічних засобів вимірів

$$\square_i = 1/9 * \text{РІК}^{-1}$$

Знаючи, що:

$$t_1 = \ln R_{\text{доп}} / \square_i = -9 * \ln 0,85 = 1,5$$

Оскільки  $\square$  для наведеного розрахунків мала орієнтовне значення, то  $t_1$  було прийнято рівним 1 року.

Після закінчення встановленого строку ( $t_1 = 1$  рік) усі засоби вимірів "однорідної" групи були піддані перевірці, при цьому з 100 шт. проведених приладів було забраковано 20 шт., тобто  $N_i = 100$ ;  $n_i = 20$ .

Згідно з формулою (109) визначаємо статистичне значення:

$$P_i^* = (N_i - n_i) / N_i = (100 - 20) / 100 = 0,80$$

Згідно зі співвідношенням (110) визначаємо необхідність коректування межповерочного інтервалу  $t$ :

$$\tilde{P}_i = \frac{N_i - n_i}{N_i} = \frac{100 - 20}{100} = 0.80$$

Статистичне значення  $P_i^* = 80$  виходить за межі отриманих границь. Отже, перший межповерочний інтервал ( $t_1 = 1$  рік) був призначений невірно й за результатами проведеної перевірки підлягають корекції.

По формулі (111) визначаємо коефіцієнт корекції:

$$C = \ln R_{\text{доп}} / \ln p_i = \ln 0,85 / \ln 0,80 = 0,162 / 0,223 = 0,7$$

Межповерочний інтервал з урахуванням коефіцієнта корекції визначаємо по формулі:

$$t_2 = t_1 * C$$

Побравши за основу отриманий результат і проаналізувавши ознаки, по яких проводилося формування групи, ухвалюємо розв'язок призначити  $t_2 = 6$  мес.

**Приклад 2.** Розрахунки на основі показника  $T_0$  з урахуванням ознак, зазначених раніше, сформована "однорідна" група з наступних засобів вимірів: ВЗ-20 - 1 шт.; ВЗ-3 - 5 шт.; ВЗ-7 - 6 шт.; ВЗ-4 - 6 шт.

За час експлуатації засобів вимірів з 1991 по 1995 рр. проведений збір статистичної інформації. Для ВЗ-20 зібрані статистичні дані представлені в табл.25.

Наробіток на відмову для ВЗ-20, год розрахована по формулі:

$$T_0 = (1100 + 620 + 530 + 610 + 340 + 660 + 630 + 320) / 3 = 1810$$

Для інших засобів вимірів "однорідної" групи отримані наступні значення наробітку на відмову, год: 1840, 1870, 1850, 1840, 1865, 1830, 190, 1850, 1820, 1860, 1875, 1860, 1850, 1800, 1845, 1870. Наробіток на відмову для "однорідної" групи, год,

$$T_0 = (1810 + 1840 + 1870 + 1850 + 1840 + 1865 + 1830 + 1790 + 1850 + 1820 + 1860 + 1875 + 1860 + 1855 + 1800 + 1845 + 1870) / 19 = 1840$$

Межповерочний інтервал для "однорідної" групи, год,

$$t_1 = -1840 * \ln 0,8 = -1840 * (-0,223) = 410$$

**4.4. Перевірка вимірювальних приладів.** Залежно від конструкції, призначення, технічних можливостей і економічної доцільності визначаються метрологічні характеристики, що підлягають контролю, і спосіб перевірки. У ході перевірки встановлюють стан і комплектність технічної документації, до складу якої входять:

тех. документація за ДСТ 2.601-78;

свідчення про останню перевірку;

електрична схема з'єднань елементів;

переліки й значення метрологічних характеристик;

методики виміру й розрахунків метрологічних характеристик;

свідчення за результатами метрологічної атестації.

Після ознайомлення зі станом і комплектністю технічної документації з урахуванням стадій випуску з виробництва, експлуатації, зберігання й ремонту, а також виду перевірки роблять зовнішній огляд, випробування й контроль (визначення) метрологічних характеристик.

Перевірка в найпростішому випадку полягає в наступному: відповідно до вимог НТД на методи й засобу перевірки приладів на вхід подають зразкові значення вимірюваних величин; потім порівнюють результати вимірів на виході прибоа, що поверяемого, з відповідними поданими на вхід приладу значеннями зразкового сигналу або показаннями зразкового приладу, у результаті чого визначають значення погрішності.

Визначають метрологічні характеристики прибоа, що поверяемого, роблять із використанням статистичних методів обробки значень погрішності вимірювальних приладів.

Порядок набору статистичних даних і методи статистичної обробки повинні бути наведені в НТД на методи й засобу перевірки конкретного приладу.

На підставі отриманих даних аналізують результати перевірки й ухвалюють рішення щодо придатності вимірювального приладу для подальшого застосування.

У випадку позитивних результатів перевірки оформляється свідчення на вимірювальний прилад, при негативних результатах оформляють повідомлення про непридатність вимірювального приладу до експлуатації.

**Приклад 3. Перевірка вимірювального генератора.** Перед проведенням перевірки генератор включається в мережу, витримується протягом часу, необхідного для встановлення робочого режиму й калібрується, якщо буде потреба.

Зразкова вимірювальна апаратура вибирається залежно від меж погрішності, що допускається, поверяемого генератора.

Перевірку приладу роблять у нормальних кліматичних умовах:

температура навколишнього повітря, °C	20 ± 5
для приладів підвищеної точності температура навколишнього повітря, °C,	20 ± 2
відносна вологість повітря, %,	30 - 80
атмосферний тиск, кПа (мм рт. ст.),	84 - 106 (630 - 795)
напруга живильної мережі, В,	220 ± 4,4 (мережі із частотою 50, 400 Гц)
частота живильної мережі, Гц,	50; 400 ± 12

1. Граничні частоти, запаси на краях поддиапазонів визначають візуально по оцінках шкали генераторів і перевіркою частоти генераторів у крайніх положеннях частотної шкали для всіх поддиапазонів відповідно до методики ( п.3 ).

Запас по частоті  $\Delta 1$  від граничної частоти у відсотках по формулі:

$$\Delta 1 = 100 * (f_r - f_k) / f_k$$

де  $f_r$  - значення встановленої частоти генератора, відповідне до границі поддиапазона, обумовлене по відліковому обладнанню генератора, Гц;  $f_k$  - дійсне значення частоти при установці шкали частоти в крайніх положеннях, Гц.

2. Визначають основну погрішність установки частоти генератора методом прямого виміру частоти електронно-лічильним частотоміром.

Виміру роблять на декількох частотах діапазону (поддиапазона), зазначених у технічних умовах на генератори конкретного типу при установці частоти по шкалі з боку більших і менших значень. Абсолютна погрішність установки частоти  $\Delta f$  у герцах визначають:

$$\Delta f = f_{\text{НОМ}} - f_{\text{ИЗМ}}$$

де  $f_{\text{ном}}$  - номінальне значення встановленої частоти генератора, по відліковому обладнанню генератора, Гц;  $f_{\text{изм}}$  - обмірюване значення встановленої частоти, Гц.

Відносна погрішність установки частоти  $\Delta 2$  у відсотках:

$$\Delta 2 = 100 * (f_{\text{ном}} - f_{\text{изм}}) / f_{\text{изм}}$$

За погрішність установки частоти ухвалюють максимальне значення погрішності.

3. Додаткову погрішність установки частоти генератора, обумовлену зміною зовнішніх факторів, що впливають, визначають на частотах, зазначених у технічних умовах на генератори конкретного типу.

Якщо генератор має обладнання внутрішнього калібрування частоти, відлік частоти проводиться після виконання калібрування.

Додаткова температурна погрішність визначається за допомогою спеціальної камери тепла й холоду, для граничних крапок робочого діапазону температур. За додаткову температурну погрішність ухвалюють максимальне з отриманих значень.

Додаткову температурну погрішність  $\Delta f$  на кожні 10 С обчислюють по формулі:

$$\Delta f_1 = 10 * (f_0 - f_1) / \Delta(t - t_0)$$

де  $f_1$  - дійсне значення частоти, обмірюване при максимальній або мінімальній температурі  $t$ , Гц;  $f_0$  - дійсне значення частоти, обмірюване при нормальній температурі  $t_0$ , Гц.

4. Додаткову погрішність установки частоти генератора, обумовлену зміною напруги харчування, визначають на частотах, зазначених у технічних умовах на генератори конкретного типу, виміром частоти при номінальному, підвищеному й зниженому напругах харчування.

Час витримки після кожної зміни напруги харчування повинне вказуватися в технічних умовах на генератори конкретного типу.

Додаткові погрішності  $\Delta f'$  і  $\Delta f''$  у герцах обчислюють по формулах:

$$\Delta f' = f'_0 - f_{\text{пов}}$$

$$\Delta f'' = f'_0 - f_{\text{пон}}$$

де  $f'_0$  - дійсне значення частоти при номінальній напрузі харчування, Гц;  $f_{\text{пов}}$  - дійсне значення частоти при підвищеній напрузі харчування, Гц;  $f_{\text{пон}}$  - дійсне значення частоти при зниженій напрузі харчування, Гц.

За додаткову погрішність ухвалюють максимальне з отриманих значень.

5. Нестабільність частоти генераторів визначають на частотах, зазначених у технічному описі на прилад, виміром частоти одним з методів, викладених у п.3.

Виміру роблять після часу встановлення робочого режиму генератора через кожні 1-3 хв. протягом будь-яких 3 ч. роботи.

Нестабільність частоти обчислюють як різниця між найбільшим і найменшим значеннями частоти, обмірюваними протягом 3 годин.

#### 4.5. Завдання для домашньої підготовки

1. Ознакомтесь зі змістом розд. 6.4.1.
2. Вивчіть методики виконання перевірочних робіт.
3. Ознайомтеся із правилами оформлення й змістом перевірочних схем.
4. Розгляньте способи оцінки параметрів надійності засобів виміру й приклади визначення межповерочних інтервалів.
5. Ознайомтеся із запропонованим варіантом завдання по даній роботі, виберіть із розглянутих у розд. 6.4.1. методів перевірки найбільш прийнятний для виконання отриманого завдання й підготуйте обґрунтування вибору.

#### 4.6. Порядок виконання лабораторної роботи

1. Одержати у викладача варіант завдання, у якому визначені: робочий засіб виміру параметр, що поверяється, або характеристика, вимоги до точності перевірки й перелік "зразкових" засобів виміру.

2. Ознайомитися із приладами певним варіантом завдання для використання в експерименті. Ознайомлення слід почати з вивчення технічних описів і інструкцій для експлуатації приладів використовуваних при виконанні лабораторної роботи. Особлива увага повинна бути звернена на розділи, що містять відомості про параметри приладів, про структуру й принцип дії, про порядок підготовки кожного приладу до роботи й роботи з ним.

3. Розробити й представити викладачеві для перевірки варіант методики виконання перевірки.

4. Після одержання допуску до роботи, підготувати робоче місце для проведення вимірів. Користуючись технічним описом, виконати операції по підготовці приладів до роботи.

5. Переконавшись в тому, що режими роботи, що поверяються й "зразкових" приладів обрані правильно й приступитися до перевірки.

На заданій ділянці шкали прибора, що поверяється, має М розподілів: установити показчик на перший розподіл і зафіксувати в протоколі результат спостереження: / - значення параметра, отриманого за допомогою "зразкового" приладу;

послідовно зробити установки показчика на кожний розподіл у відведеному діапазоні, визначивши значення: /, де  $i=1, \dots, M$

переміщаючи показчик по шкалі в протилежному напрямку, починаючи з останнього розподілу ділянки шкали, знову зафіксувати для кожного розподілу значення параметра:

/, де  $i=M, \dots, 1$ ;

послідовно повторити три рази перераховані процедури, сформувавши два масиви значень: / $i$  /, де символи □ і □ указують напрямок руху по шкалі прибора, що поверяється,  $j = 1, 2, 3$ .

6. Виконати попередню обробку результатів спостережень, використовуючи розрахункову формулу (40), визначити вибіркові середні:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \bar{x}_{i,j}; \quad \bar{X}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \bar{x}_{i,j}$$

абсолютні погрішності установки і-х номінальних значень розподілів шкали  $X_{\text{ном } i}$

$$\Delta X_{\text{ши } i} = X_{\text{ном } i} - \frac{1}{2}(\bar{X}_i + \bar{X}_i)$$

середнє значення гістерезису для, що поверяемого ділянки шкали

$$\Delta_{\text{гис}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\bar{X}_i - \bar{X}_i)$$

далі використовуючи вираження (41), (42) і табл.3, знайти незміщену оцінку середнього квадратического відхилення:

$$S^2 = \frac{M_k^2}{6M-1} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^3 [(\bar{x}_{i,j} + \bar{x}_i)^2 + (\bar{x}_{i,j} - \bar{x}_i)^2]$$

7. Виконати необхідні розрахунки, скласти таблицю виправлень і підготувати звіт по лабораторній роботі.

#### 4.7. Зміст звіту

1. Завдання на лабораторну роботу із вказівкою типу устройства, що поверяемого, параметрів, діапазону й зовнішніх впливів.

2. Структурна схема з'єднання прибора, що поверяемого, "зразкових" і допоміжних засобів виміру, використовуваних при перевірці.

3. Види й типи, інвентарні номери, основні параметри й характеристики використовуваних у роботі засобів виміру.

4. Протокол спостережень, завірений викладачем.

5. Дані, отримані при обробці результатів спостережень. Значення основних і додаткових погрішностей прибора, що поверяемого.

6. Таблиця й графік виправлень до участку, що поверяемому, шкали приладу. Результати аналізу експериментальних даних: ступінь відповідності результатів нормативним вимогам, що втримуються в технічному описі на прибор, що поверяемый (висновок про придатність); пропозиції по зниженню впливу зовнішніх впливів і зменшенню погрішностей.

#### 4.5. Завдання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняттям "перевірка" і "атестація" засобу виміру. У чому основна відмінність цих понять?

2. Приведіть класифікацію видів перевірки?

3. Дайте визначення понять "еталон", "зразковий засіб виміру", "робочий засіб виміру", "перевірочна схема"?

4. Поясніть зміст операцій, обумовлених термінами "звірення", "калібрування", "градуировка" і "юстировка"?

5. Які методи перевірки Вам відомі? Сформулюйте необхідна й достатня умови реалізації названих методів, їх гідності й недоліки?

6. Як співвідносяться погрішності, що поверяемых і зразкових засобів виміру, чому поверяється еталон?

7. Від чого залежать і як визначаються межповерочные інтервали для засобів виміру?

8. Приведіть приклади, коли періодична перевірка засобів виміру не проводиться?
9. Дайте визначення поняття "однорідна" група засобів виміру?
10. Назвіть показники надійності засобів виміру.
11. Поясніть зміст вираження метрологічна справність засобів виміру?
12. Що таке метрологічна відмова засобу виміру?
13. Поясніть, які умови перевірки називаються нормальними?
14. Назовити основні вимоги до приміщень, у яких повинні проводитися перевірочні роботи.
15. Що таке сертифікація продукції?
16. Передусмотрена чи діючими нормативними документами перевірка засобів виміру, застосовуваних для навчальних цілей?
17. Коли проводиться позачергова перевірка?