



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу

«Основи стандартизації, метрології та управління якістю»

для студентів спеціальності

076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність»

Харків 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу

«Основи стандартизації, метрології та управління якістю»

для студентів спеціальності

076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 30.01.2018

Харків
НТУ «ХП»
2019

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Основи стандартизації, метрології та управління якістю» для студентів спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» / уклад. Білоцерківський О. Б. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – 120 с.

Укладач О. Б. Білоцерківський

Рецензент О. О. Замула

Кафедра комерційної, торговельної та підприємницької діяльності

ВСТУП

Одне з основних завдань економічної політики будь-якої країни в сучасний період – всебічне підвищення технічного рівня та якості продукції. Якісна і конкурентоспроможна продукція, що реалізується на внутрішньому і зовнішньому ринках, повинна відповідати останнім досягненням науки, найвищим техніко-економічним, естетичним та іншим споживчим вимогам.

Курс «Основи стандартизації, метрології та управління якістю» є загальноінженерною дисципліною і забезпечує базову підготовку студентів спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» у галузі стандартизації, метрології та управління якістю. Він включає три самостійних розділи, що мають методологічну єдність. Стандартизація розглядається як нормативно-правова основа усіх видів метрологічної діяльності, а управління і контроль якістю – як важлива область метрологічної практики.

На відміну від попередніх видань [1, 2], у даних методичних вказівках додано нові теми, внесено виправлення в існуючі та їх розширено за рахунок додаткових прикладів, завдань і запитань. Теми 1–5 присвячені стандартизації, 6–10 – метрології, 11–17 – управлінню якістю продукції. Усі теми побудовані однаково: спочатку викладаються необхідні теоретичні відомості, потім докладно розглядається хід розв’язання задач, наприкінці кожної теми наведено варіанти індивідуальних домашніх завдань. Варіанти завдань студент вибирає за останньою цифрою номера свого прізвища у журналі групи.

Дані методичні вказівки не замінюють підручники з основ стандартизації, метрології та управління якістю. Теоретичні основи викладаються у стислому вигляді. Даються тільки ті відомості, які необхідні безпосередньо для розв’язання задач. Рекомендовані підручники: [3–7].

ТЕМА 1. АРИФМЕТИЧНА І ГЕОМЕТРИЧНА ПРОГРЕСІЯ

1.1. Арифметична прогресія

Послідовність, у якій задано перший член a_1 , а кожен наступний член, починаючи з другого, дорівнює попередньому, доданому з одним і тим же числом d , називається *арифметичною прогресією*:

$$a_{n+1} = a_n + d, \quad (1.1)$$

де a_n – n -й член прогресії, d – *різниця* прогресії.

Формула загального члена арифметичної прогресії:

$$a_n = a_1 + d(n - 1). \quad (1.2)$$

Сума n членів прогресії S_n обчислюється за формулою

$$S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} n = \frac{2a_1 + d(n-1)}{2} n. \quad (1.3)$$

Властивість членів арифметичної прогресії. Будь-який член арифметичної прогресії (окрім першого) дорівнює напівсумі рівновіддалених від нього членів:

$$a_n = \frac{a_{n-k} + a_{n+k}}{2}, \quad k < n. \quad (1.4)$$

При $k = 1$ одержимо

$$a_n = \frac{a_{n-1} + a_{n+1}}{2}. \quad (1.5)$$

Арифметична прогресія повністю визначена, якщо відомі a_1 і d .

При розв'язуванні задач, в яких використовується поняття суми арифметичної прогресії, зручно застосовувати таку формулу, що зв'яже n -й член з сумою n членів:

$$a_{n+1} = S_{n+1} - S_n. \quad (1.6)$$

Приклад 1.1. При діленні дев'ятого члена арифметичної прогресії на її другий член у частці виходить 5, а при діленні тринадцятого члена цієї прогресії на її шостий член у частці виходить 2 і в залишку 5. Знайти перший член і різницю прогресії.

Розв'язання: Умову задачі можна записати у вигляді такої системи рівнянь:

$$\begin{aligned} a_9 &= a_2 \cdot 5, \\ a_{13} &= 2a_6 + 5. \end{aligned}$$

Використовуючи формулу загального члена арифметичної прогресії, отримуємо систему

$$\begin{aligned}a_1 + 8d &= (a_1 + d) \cdot 5, \\ a_1 + 12d &= 2(a_1 + 5d) + 5,\end{aligned}$$

у якій присутні тільки два невідомих a_1 і d . Приводячи в рівняннях системи подібні члени, отримуємо систему

$$\begin{aligned}4a_1 &= 3d, \\ a_1 - 2d + 5 &= 0,\end{aligned}$$

розв'язком якої є $a_1 = 3$, $d = 4$.

Приклад 1.2. Відомо, що при будь-якому n сума S_n членів деякої прогресії виражається формулою $S_n = 4n^2 - 3n$.

Знайти загальний член прогресії.

Розв'язання: Використовуючи (1.6), маємо

$$\begin{aligned}a_{n+1} &= S_{n+1} - S_n = 4(n+1)^2 - 3(n+1) - (4n^2 - 3n) = 8n + 1, \\ a_n &= 8(n-1) + 1 = 8n - 7.\end{aligned}$$

Приклад 1.3. Знайти суму всіх парних двозначних чисел.

Розв'язання: Перше парне двозначне число дорівнює 10, а останнє – 98. Використовуючи формулу загального члена прогресії для $d = 2$, $a_1 = 10$, $a_n = 98$, отримуємо

$$n = 1 + \frac{98 - 10}{2} = 45.$$

Підставляючи знайдене значення n у формулу $S_n = \frac{a_1 + a_n}{2} n$, знаходи-

мо $S_n = \frac{10 + 98}{2} \cdot 45 = 54 \cdot 45 = 2430$.

1.2. Геометрична прогресія

Послідовність, у якій задано перший член b_1 , а кожен наступний, починаючи з другого, виходить множенням попереднього на одне і те ж число q , називається *геометричною прогресією*:

$$b_n = b_{n-1}q, \tag{1.7}$$

де b_n – n -й член прогресії, q – знаменник прогресії.

Формула члена геометричної прогресії:

$$b_n = b_1q^{n-1}. \tag{1.8}$$

Сума n членів геометричної прогресії обчислюється за формулою

$$S_n = \frac{b_1(1-q^n)}{1-q}. \quad (1.9)$$

Якщо $|q| < 1$, то прогресію називають *такою, що нескінченно убуває*. Границя суми її членів: $S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$ – називається *сумою* геометричної прогресії, що нескінченно убуває. Вона обчислюється за формулою

$$S = \frac{b_1}{1-q}. \quad (1.10)$$

Властивість членів геометричної прогресії: квадрат будь-якого (крім першого) члена геометричної прогресії дорівнює добутку рівновіддалених від нього членів:

$$b_n^2 = b_{n-k} b_{n+k}. \quad (1.11)$$

Геометрична прогресія повністю визначена, якщо відомі b_1 і q .

Приклад 1.4. Знайти чотири послідовні члени геометричної прогресії, з яких другий член менше першого на 35, а третій більше четвертого на 560.

Розв’язання: Нехай b_1, b_2, b_3, b_4 – чотири послідовні члени геометричної прогресії. Умову задачі можна записати у вигляді такої системи рівнянь:

$$\begin{aligned} b_1 - 35 &= b_2, \\ b_3 - 560 &= b_4. \end{aligned}$$

Використовуючи формулу загального члена, цю систему перепишемо у вигляді

$$\begin{aligned} b_1 - b_1 q &= 35, \\ b_1 q^2 - b_1 q^3 &= 560. \end{aligned}$$

Підставляючи значення $b_1(1-q)$ у друге рівняння системи, отримуємо для q рівняння $q^2 = 16$, корені якого дорівнюють 4 і -4 . Тепер з першого рівняння системи по значеннях $q = 4$ і $q = -4$ отримуємо відповідно значення $b_1 = -35/3, b_1 = 7$.

Відповідь: $(-\frac{35}{3}, -\frac{35 \cdot 4}{3}, -\frac{35 \cdot 16}{3}, -\frac{35 \cdot 64}{3})$; $(7, -28, 112, -448)$.

Завдання 1

Задача 1.1. При параметризації розмірів деякого виробу був застосований ряд:

Варіант 1: 1; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 ...

Варіант 2: 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5 ...

Варіант 3: 3; 6; 9; 12; 15 ...

Варіант 4: 50; 60; 70; 80; 90 ...

Варіант 5: 30; 35; 40; 45; 50 ...

Варіант 6: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 ...

Варіант 7: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 6; 9; 12; 15; 20; 25; 30 ...

Варіант 8: 80; 85; 90; 95; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 175; 200; 225 ...

Варіант 9: 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150; 200; 250; 300 ...

Варіант 10: 6; 7; 8; 9; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 24; 28; 32 ...

Необхідно: а) встановити вид прогресії, що покладено в основу ряду; б) якщо ідентифіковано геометричну прогресію, то розрахувати її знаменник; в) визначити, чи є заданий ряд рядом Ренара; г) якщо ідентифіковано просту арифметичну або геометричну прогресію, то продовжити ряд на три числові значення.

Задача 1.2. За даними табл. 1.1 визначити 10 значень членів арифметичної прогресії з відомим значенням першого члена і різниці прогресії, а також 10 значень ряду переважних чисел (табл. 1.2). Побудувати графіки.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до задачі 1.2

Варіант	a	d	Ряд
1	0,1	0,1	R_5
2	10	5	R_{10}
3	1	0,5	R_{20}
4	1	1	R_{40}
5	0,5	0,5	R_{80}
6	0,5	1	R_{160}
7	10	40	$R_{5/2}$
8	30	10	$R_{10/3}$
9	50	25	$R_{20/4}$

Таблиця 1.2 – Ряди переважних чисел

Основні ряди				Номер переважного числа	Мантиси логарифмів	Розрахункові величини	Різниця між числами основного ряду і розрахунковими величинами, %
R5	R10	R20	R40				
1,00	1,00	1,00	1,00	0	000	1,0000	0
			1,06	1	023	1,0593	+0,07
			1,12	2	050	1,1220	-0,18
			1,18	3	075	1,1885	-0,71
			1,25	4	100	1,2589	-0,71
			1,32	5	125	1,3335	-1,01
			1,40	6	150	1,4125	-0,88
1,60	1,60	1,60	1,50	7	175	1,4962	+0,25
			1,60	8	200	1,5849	+0,95
			1,70	9	225	1,6788	+1,26
			1,80	10	250	1,7783	+1,22
			1,90	11	275	1,8836	+0,87
			2,00	12	300	1,9953	+0,24
			2,12	13	325	2,1135	+0,31
2,50	2,50	2,50	2,24	14	350	2,2387	+0,06
			2,36	15	375	2,3714	-0,48
			2,50	16	400	2,5119	-0,47
			2,65	17	425	2,6607	-0,40
			2,80	18	450	2,8184	-0,65
			3,00	19	475	2,9854	+0,49
			3,15	20	500	3,1623	-0,39
4,00	4,00	4,00	3,35	21	525	3,3497	+0,01
			3,55	22	550	3,5481	+0,05
			3,75	23	575	3,7584	-0,22
			4,00	24	600	3,9811	+0,47
			4,25	25	625	4,2170	+0,78
			4,50	26	650	4,4668	+0,74
			4,75	27	675	4,7315	+0,39
6,30	6,30	6,30	5,00	28	700	5,0119	-0,24
			5,30	29	725	5,3088	-0,17
			5,60	30	750	5,6234	-0,42
			6,00	31	775	5,9566	+0,73
			6,30	32	800	6,3096	-0,15
			6,70	33	825	6,6834	+0,25
			7,10	34	850	7,0795	+0,29
8,00	8,00	8,00	7,50	35	875	7,4989	+0,01
			8,00	36	900	7,9433	+0,71
			8,50	37	925	8,4140	+1,02
			9,00	38	950	8,9125	+0,98
			9,50	39	975	9,4406	+0,63
			10,0	40	000	10,000	0

ТЕМА 2. ВИКОРИСТАННЯ РЯДІВ ПЕРЕВАЖНИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ

2.1. Позначення рядів переважних чисел

Позначення рядів переважних чисел розглянемо на конкретних прикладах.

Позначення рядів, які *необмежені межами*: $R5, R10, R20, \dots$

Позначення рядів, які *обмежені межами* і числами:

$R5$ (... 63...) – основний ряд $R5$, необмежений верхньою і нижньою межами з обов'язковим включенням числа 63;

$R10$ (1,25...) – основний ряд $R10$ з нижньою межею числом 1,25;

$R40$ (75...300) – основний ряд $R40$ з нижньою межею 75 і верхньою – 300.

Крім основних і додаткових рядів переважних чисел допускається використання вибіркового ряду.

Вибірковий ряд – це ряд, отриманий відбором кожного 2, 3, 4 або n -го члена основного або додаткового ряду, починаючи з будь-якого числа ряду. Наприклад: $R5/2$ (1...10) – вибірковий ряд, отриманий відбором кожного другого члена основного ряду $R5$ і обмежений членами 1 і 10.

Вибірковий ряд $R10/3$ (1...16) складається із членів 1; 2; 4; 8; 16, які отримані відбором кожного третього члена ряду $R10$ (за табл. 1.2).

2.2. Властивості рядів переважних чисел

Розглянемо деякі властивості основних рядів переважних чисел:

1. Відношення двох суміжних членів завжди незмінне і дорівнює знаменнику ряду.

Приклад 2.1. Для ряду $R5$ (1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3) перевірити першу властивість:

$$\frac{N_{i+1}}{N_i} = Q. \quad (2.1)$$

Розв'язання: $\frac{1,6}{1} = \frac{2,5}{1,6} = \frac{4}{2,5} = \frac{6,3}{4} \approx 1,6 = Q.$

2. Якщо величини, які належать рядам переважних чисел, пов'язані степеневою залежністю, то знаменники рядів, які вони утворюють, теж пов'язані такою степеневою залежністю. Така властивість дозволяє будувати погоджені ряди взаємопов'язаних параметрів.

3. Для того щоб перейти від переважних чисел одного інтервалу ряду у будь-який інший десятинний інтервал, треба помножити ці числа на 10^k , де k – ціле додатне або від'ємне число, яке залежить від інтервалу, тобто:

- при $k = 0$ переважні числа знаходяться в інтервалі від 1 до 10;
- при $k = 1$ – в інтервалі від 10 до 100;
- при $k = 2$ – в інтервалі від 100 до 1000;
- при $k = -1$ – в інтервалі від 0,1 до 1,0;
- при $k = -2$ – в інтервалі від 0,01 до 0,1.

Практично зміна переважних чисел на 10 у степені k зводиться до переносу коми на k знаків (ліворуч або праворуч).

4. Для визначення порядкових номерів членів ряду використовують формулу

$$N = N_T + k \cdot 40, \quad (2.2)$$

де N_T – номер числа за таблицею переважних чисел; k – величина, залежна від інтервалу значення ряду (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Десятинні інтервали

Інтервал значення ряду	0,01...0,1	0,1...1,0	1,0...10,0	10,0...100	100...1000	1000...10000
k	-2	-1	0	1	2	3

Приклад 2.2. Потрібно знайти номер переважного числа 1000.

Розв'язання: Для числа 1,0 $N_T = 0$, а для числа 1000 $k = 3$, тобто $N_{1000} = 0 + 3 \cdot 40 = 120$.

5. Коли множать або ділять члени рядів переважних чисел, результат можна отримати за допомогою таблиці, додаючи чи віднімаючи порядкові номери членів:

$$N_n \cdot N_m = N_{n+m}; \quad (2.3)$$

$$N_n / N_m = N_{n-m}, \quad (2.4)$$

де n, m – значення порядкових номерів членів прогресії.

Приклад 2.3. 1) Потрібно помножити $2,24 \cdot 3,55$.

Отримаємо: $N_{2,24} + N_{3,55} = 14 + 22 = 36$, номеру 36 відповідає число 8.

Перевіримо: $2,24 \cdot 3,55 = 7,952 \approx 8$;

2) Необхідно поділити $4,5 / 2,8$. Отримаємо: $N_{4,5} - N_{2,8} = 26 - 18 = 8$, номеру 8 відповідає число 1,6. Перевіримо: $4,5 / 2,8 = 1,607 \approx 1,6$.

6. Щоб піднести переважне число у степінь, треба помножити номер переважного числа на показник степеня, а потім за таблицею переважних чисел знайти число, яке відповідає порядковому номеру:

$$N_n^m = N_{n \cdot m}, \quad (2.5)$$

де n – значення порядкового номера; m – заданий степінь числа.

Приклад 2.4. Піднести число $1,8^3$. Отримаємо: номер числа 1,8 за таблицею переважних чисел дорівнює 10, тоді $3 \cdot 10 = 30$, $N = 30$ відповідає число 5,6. Перевіримо: $1,8^3 = 5,8$.

7. Число $\pi = 3,14$ вважається членом ряду переважних чисел, тому що число 3,15 відрізняється від π всього на 0,03 %.

8. Члени одного ряду, піднесені у квадрат, дають більш рідкий ряд.

Наприклад, якщо члени ряду R_{10} (1,0; 1,25; 1,6; 2,0) піднести у квадрат, то отримаємо ряд R_5 (1,0; 1,6; 2,5; 4,0).

9. Членами рядів переважних чисел є округлені числа, і число членів в інтервалі від 1 до 10 для ряду R_5 дорівнює 5; для ряду R_{10} дорівнює 10 і т.д. При цьому кожний наступний ряд включає в себе числа попереднього ряду.

Приклад 2.5. За заданим рядом $R_{5/2}$ (100...4000) знайти члени ряду та визначити його знаменник.

Розв'язання: Знаходимо усі члени ряду параметрів за табл. 1.2 рядів переважних чисел.

$R5/2$ (100; 250; 630; 1600; 4000).

Визначаємо знаменник цього ряду:

$$Q_p = \frac{250}{100} = 2,5.$$

Приклад 2.6. За заданим рядом A : $R40/3$ (150...300) і першим значенням ряду B , що дорівнює 4, записати всі значення цього ряду та розрахувати ряд параметрів B , якщо параметри A , B пов'язані квадратичною залежністю, тобто $A = f(B^2)$. Указати, якому ряду переважних чисел відповідає знайдений ряд параметрів B . Визначити порядкові номери членів рядів A і B .

Розв'язання: Знаходимо всі члени ряду параметрів A за табл. 1.2 рядів переважних чисел:

$R40/3$ (150; 180; 212; 250; 300).

Визначаємо знаменник цього ряду:

$$Q_A = 180 / 150 = 1,2.$$

Оскільки значення рядів A і B пов'язані квадратичною залежністю, то відповідно до властивості рядів переважних чисел про степеневу залежність, знаменники цих рядів теж пов'язані квадратичною залежністю, тобто

$$Q_B = \sqrt{Q_A} = \sqrt{1,2} = 1,1.$$

Якщо відомо перше значення ряду B , то можливо знайти останні значення, треба помножити перше значення ряду B на знаменник, привести отримане значення до найближчого переважного числа, отримавши таким чином друге значення ряду B , знову помножити на знаменник, щоб отримати третє значення і т.д. Кількість значень ряду B повинно дорівнювати кількості значень ряду A .

Таким чином отримуємо ряд B : (4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3).

Цей ряд відповідає ряду $R20$.

Знайдемо порядкові номери переважних чисел рядів A і B .

Для визначення порядкових номерів членів ряду використовуємо формулу (2.2).

Для ряду $R40/3$ (150; 180; 212; 250; 300):

$$N_{150} = 7 + 2 \cdot 40 = 87,$$

$$N_{180} = 10 + 2 \cdot 40 = 90,$$

$$N_{212} = 13 + 2 \cdot 40 = 93,$$

$$N_{250} = 16 + 2 \cdot 40 = 96,$$

$$N_{300} = 19 + 2 \cdot 40 = 99.$$

Для ряду R20 (4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3):

$$N_4 = 24,$$

$$N_{4,5} = 26,$$

$$N_{5,0} = 28,$$

$$N_{5,6} = 30,$$

$$N_{6,3} = 32.$$

Приклад 2.7. Вибрати ряди параметрів P і V_m потужності та пікових значень напруги, визначити порядкові номери членів цих рядів. Залежність, яка визначає зв'язок параметрів, має такий вигляд:

$$P = V_m^2 / 2\rho,$$

де P – потужність, Вт; V_m – пікове значення напруги, В; ρ – хвильовий опір ($\rho = 50$ Ом). Параметр P заданий рядом R5/2 (100...1600).

Розв'язання: 1) Знаходимо члени ряду параметрів P за таблицею рядів переважних чисел (табл. 1.2) R5/2 (100; 250; 630; 1600);

2) Визначаємо знаменник цього ряду $Q_p = 250 / 100 = 2,5$;

3) Використовуючи мантиси логарифмів ряди переважних чисел (табл. 1.2) знаходимо приблизне значення параметрів V_m , що відповідає $P = 100$:

$$P = V_m^2 / 2\rho;$$

$$\lg P = 2 \lg V_m - \lg \rho - \lg 2;$$

$$\lg V_m = \frac{\lg P + \lg 2 + \lg \rho}{2} = \frac{\lg 100 + \lg 2 + \lg 50}{2} = \frac{2 + 0,3 + 1,7}{2} = 2;$$

$$V_m = 100.$$

4) На основі властивості рядів переважних чисел про статичну залежність визначаємо знаменник ряду параметрів V_m :

$$Q_p = Q_{V_m}^2; Q_{V_m} = \sqrt{Q_p} = \sqrt{2,5} = 1,6.$$

Знаходимо ряд параметрів V_m (100; 160; 250; 400), який відповідає ряду $R5$.

5) Результат оформляємо у вигляді табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків рядів параметрів P і V_m

Позначення параметрів	Позначення ряду	Знаменник ряду	Значення параметрів			
			100	250	630	1600
P	$R5/2$	$Q_P = 2,5$	100	250	630	1600
V_m	$R5$	$Q_{V_m} = 1,6$	100	160	250	400

б) Знаходимо порядкові номери членів ряду $R5/2$ (100; 250; 630; 1600), використовуємо формулу для визначення порядкових номерів.

Отримуємо:

$$N_{100} = 0 + 2 \cdot 40 = 80; N_{630} = 32 + 2 \cdot 40 = 112;$$

$$N_{250} = 16 + 2 \cdot 40 = 96; N_{1600} = 8 + 3 \cdot 40 = 128.$$

Визначаємо порядкові номери членів ряду $R5$ (100; 160; 250; 400):

$$N_{100} = 0 + 2 \cdot 40 = 80; N_{250} = 16 + 2 \cdot 40 = 96;$$

$$N_{160} = 8 + 2 \cdot 40 = 88; N_{400} = 24 + 2 \cdot 40 = 104.$$

Завдання 2

Користуючись табл. 1.2 рядів переважних чисел, виконати задачі 2.1 і 2.2 відповідно до вихідних даних, які наведені в табл. 2.3.

Задача 2.1. Використовуючи таблицю рядів переважних чисел, записати вибіркові параметричні ряди відповідно до свого варіанта вихідних даних. Визначити знаменники цих рядів.

Задача 2.2. За заданим вибірково-обмеженим рядом параметрів A записати усі значення цього ряду та розрахувати ряд параметрів B , якщо параметри A і B пов'язані квадратичною залежністю, тобто $A = f(B^2)$. Указати, якому ряду переважних чисел відповідає знайдений ряд параметрів B . Визначити порядкові номери членів рядів A і B . Вихідні дані для ряду A та перше значення ряду B задані в табл. 2.3 за варіантами.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані до задач 2.1, 2.2

Номер варіанта	Ряд параметрів до задачі 2.1	Ряд параметрів A до задачі 2.2	Перше значення ряду B
1	$R5/2$ (10...400)	$R40/3$ (150...300)	2
2	$R10/2$ (100...630)	$R40/3$ (15...30)	3
3	$R10/2$ (25...160)	$R40/3$ (20...40)	4
4	$R10/3$ (40...630)	$R40/4$ (85...212)	5
5	$R5/2$ (16...630)	$R20/2$ (40...100)	6
6	$R20/2$ (80...200)	$R5/3$ (16...4000)	2
7	$R20/3$ (100...400)	$R5/2$ (25...1000)	3
8	$R10/4$ (10...160)	$R40/4$ (75...190)	4
9	$R20/2$ (224...560)	$R5/3$ (10...2500)	5
10	$R40/3$ (150...300)	$R20/3$ (100...400)	6

Задача 2.3. Вибрати ряди параметрів P і V_m потужності та пікових значень напруги, визначити порядкові номери членів цих рядів:

1. Залежність, яка визначає зв'язок параметрів, має такий вигляд:

$$P = V_m^2 / 2\rho,$$

де P – потужність, Вт; V_m – пікове значення напруги, В; ρ – хвильовий опір ($\rho = 50 \text{ Ом}$).

2. Параметр P вибирають з табл. 2.4 залежно від варіанта у журналі.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані до задачі 2.3

Номер варіанта	Ряд параметрів P
1	$R5/2$ (10...400)
2	$R10/2$ (100...630)
3	$R10/2$ (25...160)
4	$R10/3$ (40...630)
5	$R5/2$ (16...630)
6	$R20/2$ (80...200)
7	$R20/3$ (100...400)
8	$R20/3$ (112...315)
9	$R20/2$ (224...560)
10	$R5/2$ (25...1000)

ТЕМА 3. СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ЇЇ ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Рівень стандартизації і уніфікації характеризує насиченість виробів уніфікованими або стандартними складовими частинами (деталлями, вузлами, механізмами) і найчастіше визначається коефіцієнтами застосування і повторення. *Коефіцієнт застосування* $K_{\text{пр}}$ показує рівень спадкоємності складових частин, тобто рівень використання в конструкціях, що знов розробляються, деталей, вузлів, механізмів, що застосовувалися раніше в попередніх аналогічних конструкціях. Його розраховують за числом типорозмірів, за складовими частинами виробу або у вартісному вираженні:

$$K_{\text{пр}} = [n - n_0 / n] \cdot 100, \quad (3.1)$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{шт}} = [(N - N_0) / N] \cdot 100, \quad (3.2)$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{ст}} = [(C - C_0) / C] \cdot 100. \quad (3.3)$$

де n – загальне число типорозмірів [типорозміром називають такий предмет виробництва (деталь, вузол, машину, прилад), який має певну конструкцію (властиву тільки даному предмету), конкретні параметри й розміри і записується окремою позицією в графу специфікації виробу]; n_0 – число оригінальних типорозмірів, які розроблені вперше для даного виробу; N і N_0 – загальне число і число оригінальних складових частин відповідно; C і C_0 – вартість загального числа і числа оригінальних складових частин відповідно. Вартість складових частин, що виготовляються на даному підприємстві, визначають за заводською собівартістю, а купувальних – за відпускнуою ціною.

Коефіцієнт повторення складових частин у загальному числі складових частин даного виробу K_n , %, характеризує рівень уніфікації і взаємозамінність складових частин виробів певного типу:

$$K_n = \frac{N - n}{N - 1} \cdot 100. \quad (3.4)$$

Середнє повторення складових частин у виробі характеризують *коефіцієнтом повторення*:

$$K_{п1} = N/n. \quad (3.5)$$

Розрахунки, пов'язані з вибором параметричних рядів. Є два способи економічного обґрунтування параметричних і розмірних рядів:

- 1) розрахунки проводять за собівартістю річної програми виробів;
- 2) окрім собівартості, враховують терміни окупності витрат і служби виробів, а також експлуатаційні витрати.

Другий спосіб застосовують для обґрунтування параметричних рядів параметрів вузлів і машин, що споживають або передають велику кількість енергії (редуктори, верстати та їх коробки передач, електродвигуни і т. д.).

За першим способом собівартість однотипних виробів, що утворюють розмірний ряд, можна обчислити за формулами:

$$c = m + c'; \quad C = Bc, \quad (3.6)$$

де c – собівартість виробу; m – вартість матеріалу одного виробу; C – собівартість виробів в об'ємі річної програми; B – річна програма; c' – інші витрати на виготовлення одного виробу.

Інші витрати можна обчислити за заданою програмою і прийнятим технологічним процесом, але зручніше визначати, користуючись *коефіцієнтом зміни інших витрат*:

$$K_{з.в} = 1/K_{з.п}^z, \quad (3.7)$$

де $K_{з.п} = B_{п}/B$ – коефіцієнт зміни програми; $z \approx 0,2 \dots 0,3$, визначають, виходячи з програми випуску, кількості споживаного металу та ін.

Таким чином, інші витрати на одиницю виробу при зміні програми $c_{п}'$ можна визначити, користуючись величиною інших витрат c' , обчисленою для наміченої раніше програми випуску тих же виробів:

$$c_{п}' = c'K_{з.в}. \quad (3.8)$$

Приклад 3.1. Для автомобіля відомі такі дані. Число типорозмірів: загальне $n = 3473$, оригінальне $n_0 = 196$; число деталей: загальне $N = 14989$, оригінальне $N_0 = 763$. Вартість усіх деталей $C = 3239,36$ грн, оригінальних – $C_0 = 1146,46$ грн.

Визначити коефіцієнти застосування $K_{пр}$, $K_{пр}^{шт}$, $K_{пр}^{ст}$, %, а також коефіцієнти повторення $K_{п}$, %, і $K_{п1}$.

Розв'язання. За формулами (3.1)–(3.3) визначаємо:

$$K_{\text{пр}} = \frac{3473 - 196}{3473} \cdot 100 = \frac{3277}{3473} \cdot 100 = 94,3 \%;$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{шт}} = \frac{14989 - 763}{14989} \cdot 100 = \frac{14226}{14989} \cdot 100 = 94,9 \%;$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{ст}} = \frac{3239,36 - 1146,46}{3239,36} \cdot 100 = \frac{2082,09}{3239,36} \cdot 100 = 64,7 \%.$$

Коефіцієнт повторення визначаємо за формулами (3.4) і (3.5):

$$K_{\text{п}} = \frac{14989 - 3473}{14989 - 1} \cdot 100 = \frac{11516}{14989} \cdot 100 = 76,8 \%.$$

$$K_{\text{п1}} = 14989/3473 = 4,32.$$

Приклад 3.2. Обчислити собівартість річного випуску валів, довжини яких визначені за рядом R20. Установити економічну доцільність виготовлення цих валів з довжинами за рядами R10 і R40. Витрати з експлуатації валів вважати незмінними і при розрахунках не враховувати; $z = 0,2$.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані до прикладу 3.2

Довжина вала l , мм	Річна програма В, тис. шт.	Витрати на мате- ріали м, грн	Інші витрати c' , грн
400	10	0,084	0,042
450	16	0,09	0,045
500	3	0,096	0,053
560	10	0,102	0,121
630	3,6	0,113	0,124

Розв'язання: Собівартості валів, що мають довжини R20 і обчислені за формулою (3.6), є такими (табл. 3.2):

Таблиця 3.2 – Розрахунок собівартості валів, що мають довжини R20

Довжина вала, мм	400	450	500	560	630
Собівартість виробу c , грн	0,126	0,135	0,149	0,223	0,237
Собівартість річної програми C , тис. грн	1,26	2,16	0,447	2,23	0,853
Загальна собівартість валів	$C = 6,950$ тис. грн				

Визначимо собівартість валів з довжинами, що відповідають розмірному ряду R10. Загальна річна програма не змінюється. Число валів, довжини яких відсутні у ряді R10 (наприклад, 450 мм), додається до валів, що мають найближчу велику довжину, відповідну розмірам прийнятого ряду (наприклад, 500 мм). Розрахункова річна програма валів з довжиною 500 мм $V_{\Pi} = 16 + 3 = 19$ тис. шт.; з довжиною 630 мм $V_{\Pi} = 3,6 + 10 = 13,6$ тис. шт.

Значення $K_{з.п.}$, $K_{з.в.}$, c_{Π}' , $c_{\Pi} = c_{\Pi}' + m$, $C_{\Pi} = c_{\Pi} V_{\Pi}$ обчислюємо за формулами (3.6), (3.8) і зводимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок собівартості валів, що мають довжини R10

Довжина вала, мм	Річна програма V_{Π} , тис. шт.	Витрати на матеріали m , грн	Коефіцієнт зміни		Інші витрати c_{Π}' , грн	Собівартість виробу c_{Π} , грн	Собівартість річної програми C_{Π} , тис. грн
			програми $K_{з.п.}$	інших витрат $K_{з.в.}$			
400	10	0,084	1	1	0,042	0,126	1,26
500	19	0,096	6,33	0,69	0,037	0,133	2,527
630	13,6	0,113	3,78	0,766	0,095	0,208	2,829
						Разом $C_{\Pi} = 6,616$ тис. грн	

Собівартість річної програми при застосуванні ряду R10 виявилася менше, ніж у попередньому випадку ($C_{\Pi} = 6,616 < C = 6,950$). Отже, застосування ряду R10 у технологічному відношенні є більш економічним, ніж ряду R20.

Визначимо собівартість валів з довжинами, що відповідають розмірному ряду R40. Загальна річна програма не змінюється. Річні програми валів, що входять в початковий вал R20 (крім валів, що мають довжину

400 мм), умовно розподіляємо порівну між валами початкового ряду і валами, що мають найближчу меншу довжину, але входять тільки в ряд *R40*. Наприклад, для валів завдовжки 450 і 420 мм річні програми в новому ряду V_p рівні 0,5В, тобто 8 тис. шт. і т.д. Коефіцієнти зміни програми і інших витрат визначаємо за формулою (3.7) тільки для валів, що відповідають початковому ряду, оскільки програми для решти валів раніше не були встановлені.

Інші витрати обчислюємо за формулою (3.8) також тільки для валів початкового ряду. Для решти валів c_p' визначаємо шляхом інтерполяції пропорційно величинам інтервалів розмірів за рядом *R40*. Витрати на матеріали для валів із довжинами, що входять тільки в ряд *R40*, приймаємо рівними напівсумам витрат, обчисленим раніше для валів початкового ряду *R20* і які мають суміжні довжини.

Результати обчислень наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок собівартості валів, що мають довжини *R40*

Довжина вала, мм	Річна програма V_p , тис. шт.	Витрати на матеріали m , грн	Коефіцієнт зміни		Інші витрати c_p' , грн	Собівартість виробу c_p , грн	Собівартість річної програми C_p , тис. грн
			програми $K_{з,п}$	інших витрат $K_{з,в}$			
400	10,0	0,084	1,0	1,00	0,042	0,126	1,260
420	8,0	0,087	–	–	0,046	0,133	1,064
450	8,0	0,090	0,5	1,15	0,052	0,142	1,136
480	1,5	0,093	–	–	0,057	0,150	0,225
500	1,5	0,096	0,5	1,15	0,061	0,157	0,236
530	5,0	0,099	–	–	0,100	0,199	0,995
560	5,0	0,102	0,5	1,15	0,139	0,241	1,205
600	1,8	0,108	–	–	0,141	0,249	0,448
630	1,8	0,113	0,5	1,15	0,142	0,255	0,459
Разом $C_p = 7,028$ тис. грн							

Собівартість річної програми при застосуванні ряду *R40* виявилася більше, ніж у попередньому випадку ($C_p = 7,028 > C = 6,950$). Отже, застосування ряду *R40* у технологічному відношенні є менш економічним, ніж ряду *R20*.

Завдання 3

Задача 3.1. Визначити коефіцієнти застосування $K_{пр}$, $K_{пр}^{шт}$, $K_{пр}^{ст}$ і повторення $K_{п}$ і $K_{п1}$ для складових частин автомобіля (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Складові частини автомобіля

Варіант	Найменування складових частин	Кількість типорозмірів		Кількість деталей		Вартість, грн	
		загальна n	оригінальних n_0	загальна N	оригінальних N_0	загальна C	оригінальних C_0
1	Двигун	321	8	1334	10	352,6	4
2	Система живлення	306	1	877	1	55,98	0,6
3	Зчеплення	57	–	439	–	9,62	–
4	Коробка передач	103	5	250	5	77,31	3,81
5	Роздаточна коробка	166	11	378	12	88,42	14,17
6	Карданний вал	75	4	562	4	86,66	14,55
7	Передній міст	93	3	465	6	110,08	2,86
8	Задній міст	63	–	320	–	79,47	–
9	Середній міст	69	–	321	–	77,14	–
10	Рама	92	10	484	10	328,44	59,37
11	Рульова тяга	24	–	63	–	9,14	–
12	Рульове керування	60	–	115	–	12,15	–
13	Гальмо	420	35	1648	62	184,34	36,3
14	Спецобладнання автомобіля	157	27	719	34	50,07	15
15	Приналежності автомобіля	30	–	55	–	0,92	–

Задача 3.2. Розміри довжин шийок валів для сполучення з маточинами шківів клиноремінної передачі призначені за рядом R20 (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Вихідні дані до задачі 3.2

Довжина шийок, мм	Витрати на мате- ріали, грн	Інші витрати, грн	Річна програма, тис. шт
20	55	250	10
23	62	270	7
25	68	290	4
28	75	310	4
32	82	330	6

Визначити доцільність виготовлення валів з довжинами шийок за рядами: 1) $R5$, 2) $R10$, 3) $R40$. Витрати з експлуатації валів вважати незмінними і при розрахунках не враховувати; показник металоємності $z = 0,25$.

Задача 3.3. Задано обсяг і вартість виготовлення пружних втулково-пальцевих муфт та діаметри посадочних отворів у напівмуфтах за рядом $R20$ (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Вихідні дані до задачі 3.3

Внутрішній діаметр, мм	Річна програма, тис. шт	Витрати на матеріали, грн	Інші витрати, грн
25	7	1,5	9,7
28	20	1,8	9,7
32	30	2,2	9,8
36	40	2,6	9,9
40	70	3,6	10,4

Визначити доцільність виготовлення муфт з діаметрами посадочних отворів за рядами: 4) $R5$, 5) $R10$, 6) $R40$. Для всіх варіантів витрати з експлуатації муфт вважати незмінними, $z = 0,1$.

Задача 3.4. Довжини маточин зубчатих коліс редуктора призначені за рядом $R20$ (табл. 3.8). Визначити доцільність виготовлення зубчатих коліс з

довжинами маточин за рядами: 7) R5, 8) R10. Витрати з експлуатації зубчатих коліс вважати незмінними і при розрахунках не враховувати; показник металоємності $z = 0,2$.

Таблиця 3.8 – Вихідні дані до задачі 3.4

Довжина маточин, мм	Витрати на матеріали, грн	Інші витрати, грн	Річна програма, тис. шт
40	50	300	10
45	60	310	9
50	70	360	6
56	80	420	7
63	100	500	5

Задача 3.5. Розміри довжин штифтів призначені за рядом R20 (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Вихідні дані до задачі 3.5

Довжина штифтів, мм	Витрати на матеріали, грн	Інші витрати, грн	Річна програма, тис. шт
16	5,5	25	20
18	6,0	27	3
20	6,5	29	19
23	7,0	31	15
25	7,5	33	2

Необхідно визначити доцільність виготовлення штифтів з розмірами довжин за рядами: 9) R5, 10) R10. Витрати з експлуатації виробів вважати незмінними і при розрахунках не враховувати; показник металоємності $z = 0,2$.

ТЕМА 4. СТАНДАРТИЗАЦІЯ МАРКУВАЛЬНИХ ЗНАКІВ НА ПРОДУКЦІЇ

Відповідно до чинного законодавства інформація для вітчизняного споживача товару, що наноситься виробником безпосередньо на конкретні товари, тару і етикетки, повинна містити такі відомості:

- 1) найменування товару;
- 2) найменування країни-виробника;
- 3) найменування фірми-виробника (ця інформація може бути додатково позначена літерами латинського алфавіту);
- 4) основне або функціональне призначення товару або сфера його застосування;
- 5) правила і умови безпеки зберігання, транспортування, безпечного і ефективного використання, ремонту, відновлення, утилізації, знищення (при необхідності);
- 6) основні споживчі властивості або характеристики;
- 7) інформацію про обов'язкову сертифікацію;
- 8) товарний знак (товарну марку) виробника (за наявності);
- 9) дату виготовлення;
- 10) штриховий код товару;
- 11) юридичну адресу виробника і (або) продавця;
- 12) масу нетто, основні розміри, об'єм або кількість;
- 13) склад (комплектність);
- 14) термін придатності (або служби);
- 15) позначення нормативного або технічного документа, за яким виготовляється товар (для товарів вітчизняного виробництва);
- 16) інформацію про добровільну сертифікацію (за наявності);
- 17) інформацію про знак відповідності товару національним стандартам (на добровільній основі);
- 18) специфічну інформацію для споживача (за необхідності).

Пункти 1–10 є обов'язковими для вказівки виробниками і (або) продавцями. Залежно від виду технічної складності товару виробник має право застосувати всі або частину пунктів 11–18.

Існує поняття «Маркування продукції знаком відповідності», яке є

тільки зображенням знака відповідності, нанесеного на продукцію, тару (упаковку), супровідну технічну документацію. Знак відповідності системи сертифікації переконує споживача в належній якості товару і його безпеки, а також відповідності національним стандартам. Разом із знаком відповідності існує поняття «Знак звернення на ринку», який указує на відповідність товару технічному регламенту. При маркуванні застосовують такі технологічні прийоми:

- ✓ таврування готового виробу, пакувальної одиниці;
- ✓ оформлення супровідної документації знаком відповідності / знаком звернення на ринку в ході технологічного процесу виготовлення;
- ✓ застосування комплектуючих виробів, пакувальних матеріалів і бланків супровідної документації з нанесеними на них зображеннями знака відповідності;
- ✓ прикріплення спеціально виготовлених носіїв знака відповідності (ярликів, етикеток, стрічок і т.д.).

На підставі Закону України «Про захист прав споживачів», постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження опису та правил застосування національного знака відповідності» на території України введені знаки відповідності для маркування товарів, що підлягають обов'язковій сертифікації. Положення цих документів відносяться як до вироблюваної продукції в Україні, так і до тієї, що імпортується.

Отже, продукція, що поставляється до України по імпорту, повинна обов'язково мати знак відповідності національному (українському) стандарту. Таким знаком відповідності є знак «УкрСЕПРО» (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Знак відповідності вимогам національному (українському) стандарту

На сьогоднішній день складно уявити собі спеціальність, де не використовують персональні комп'ютери (ПК). Тому доцільно розглянути найбільш поширені маркувальні знаки (МЗ) моніторів ПК.

Однією з ознак відмінності комп'ютерів відомих фірм від «підпільної» збірки є наявність безлічі маркувальних знаків відповідності національним і міжнародним стандартам, а також знаків тестування відомих приватних і напівприватних (незалежних) компаній. Ці МЗ розміщують не тільки на самій електронній апаратурі, але і на з'єднувальних кабелях, роз'ємах, а також на упаковці товару.

Монітори комп'ютерів на електромагнітній трубці (CRT) і рідкокристалічні (LCD) повинні мати захист користувача від електромагнітного випромінювання. Знак, що свідчить про такий захист, залежно від року випуску монітора має вигляд, наведений на рис. 4.2.

Перший популярний шведський стандарт був прийнятий у 1990 р. і називався MPRII (рис. 4.2, *a*). Цей стандарт жорстко регламентував норми рівня випромінювання ПК. Але справді наднаціональним (міжнародним) і почесним для виробників моніторів став стандарт TCO, який спочатку оновлювався кожні три роки.

Були TCO'92, 95, 99, 03, 06 (рис. 4.2, *б–є*). Аббревіатура TCO розшифровується як Шведська конфедерація профспілок. Розробкою стандартів TCO займалися чотири організації:

- ✓ власне профспілкова організація;
- ✓ Шведське товариство охорони природи;
- ✓ Національний комітет промисловості і технічного розвитку – NUTEK;
- ✓ вимірювальна компанія SEMKO, що має авторитет незалежної сертифікації нарівні з німецькою компанією TUV (знак показаний на рис. 4.3).

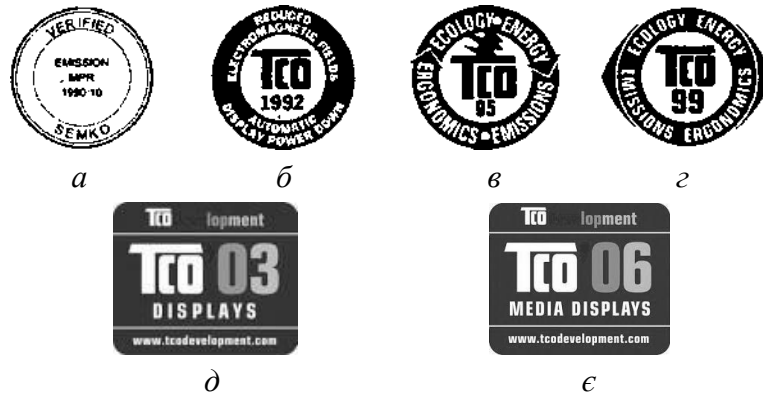


Рисунок 4.2 – Знаки захисту користувача від електромагнітного випромінювання:
a – MRP II; *б* – TCO'92; *в* – TCO'95; *г* – TCO'99;
д – TCO'03; *е* – TCO'06



Рисунок 4.3 – Знак тестування німецькою компанією TUV

На сьогоднішній день TCO'06 є останньою версією міжнародного стандарту безпеки ПК.

Разом з міжнародними існують національні норми безпеки на якісний товар певної категорії. Наприклад, у Німеччині є знак «Блакитний ангел» (*Blue Angel*), наведений на рис. 4.4. Цей знак означає екологічно «дружнє» середовище. Монітор з цим знаком повинен відповідати стандарту «Енерджі стар» (*Energy Star*) з економії енергії (рис. 4.5), що вимагає, щоб монітор споживав не більше 30 Вт у режимі «очікування». Крім того, комп'ютер повинен мати блокову конструкцію для спрощення модернізації і ремонту. Виробник також має бути готовим прийняти назад продукцію після закінчення терміну служби для її подальшої утилізації. Використовуваний раніше тільки в Німеччині знак «Блакитний ангел» став загальноєвропейським.

У Данії екологи розробили «Лебедині» стандарти (рис. 4.6).



Рисунок 4.4 – Знак безпеки
«Блакитний ангел»
(Німеччина)



Рисунок 4.5 – Знак
відповідності
стандарту «Енерджі
стар» з економії
енергії



Рисунок 4.6 – «Лебединий»
стандарт Данії

У більшості комп'ютерів передбачена універсальна послідовна шина USB (рис. 4.7). Стандарт шини забезпечує можливість підключення до комп'ютера периферійних пристроїв без необхідності його перезавантаження або запуску програми установки. USB-шина дозволяє таким пристроям, як цифровий фотоапарат або сканер, працювати одночасно.

Маркування *Plug & Play* (рис. 4.8), указане на упаковці відеокарт, повністю підтримує стандарт простої інсталяції в середовищі *Windows 95, 98, 2000, XP, Міленіум*.



Рисунок 4.7 – Знак відповідності
стандарту USB-шини

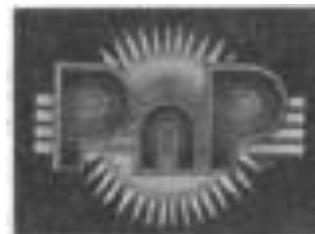


Рисунок 4.8 – Знак відповідності
стандарту простої інсталяції

При імпорті товару в країну відібрані з партії зразки перевіряються на відповідність стандартам цієї країни. Продукція, що пройшла випробування, отримує знак відповідності національному стандарту.

У Європі існує знак СЕ (вимовляється «сі-і») (рис. 3.9), який означає, що уповноважена організація протестувала присланий на випробування зразок і визнала його відповідним тим стандартам, про які знає тільки вона. Проте отримання такого сертифікату від організації, що визнається буква-

льно у всьому світі, не дуже переконує, що товар хорошої якості, оскільки цей знак фігурує практично на всіх видах товарів.

Разом з тим існують приватні та напівприватні компанії, що встановлюють стандарти в певній області. Ці стандарти, не будучи строго обов'язковими, сприяють просуванню товару на ринку. Прикладом може служити німецька приватна компанія TUV, що спеціалізується на тестуванні електронної апаратури. Наявність емблеми TUV (див. рис. 4.3) на упаковці та товарі означає, що фірма-виробник піклується про свою репутацію і не шкодує засобів на підтвердження високих переваг свого товару.

Єврокомітет з нормування в електротехніці провів гармонізацію національних нормативів безпеки з розробленими Загальноєвропейськими нормами і з 1994 р. європейський знак безпеки ENEC (рис. 4.10) привласнюють електротехнічному устаткуванню після контролю за спеціальними методиками в одному з 16 акредитованих центрів Євросоюзу. Наявність знаку ENEC на товарі значно полегшує його збут у країнах Євросоюзу і по за ним, оскільки продукція з цим знаком не повинна піддаватися випробуванням у національних контрольних органах.

Рівнозначним йому є знак Німецького союзу електротехніків *VDE*, показаний на рис. 4.11, який отримав широке визнання більше ніж у 50 країнах.



Рисунок 4.9 – Знак тестування на відповідність стандартам Євросоюзу



Рисунок 4.10 – Загальноєвропейський знак тестування на безпеку



Рисунок 4.11 – Знак тестування в Німецькому союзі електротехніків

Знак GS – «випробувана безпека» (рис. 4.12) – це не менш авторитетна гарантія надійності, ніж знак *VDE*. Обидва ці знаки видаються німецькими пунктами *VDE* і *RUN*.

Знак FCC (рис. 4.13) свідчить, що продукція протестована у Федеральній комунікаційній комісії США. Ця комісія встановлює граничні норми електромагнітних випромінювань (EMI), радіовипромінювань (RFI), що генеруються комп'ютером. Ці обмеження стосуються й захисту радіо- і телевізійних приймачів від дії комп'ютерного устаткування. Встановлено два класи норм (*A* і *B*) залежно від застосування комп'ютерного устаткування. Норми класу *A* застосовуються до устаткування для торгової і промислової сфер, класу *B* – для житлових приміщень. Більшість ПК повинні відповідати нормам класу *B*. Деяке устаткування, наприклад серії *APC Back – UPS*, може не перевірятися на норми *FCC*, оскільки в ньому немає джерел високо-частотних перешкод.

Наявність знаку CSA Канадської організації по стандартах, наведеного на рис. 4.14, свідчить про регламентований ступінь безпеки електроустаткування. Стандарти і тестові процедури CSA багато в чому схожі, хоча і не збігаються і з стандартами *UL* США.



Рисунок 4.12 – Знак тестування на відповідність продукції вимогам безпеки в Німецькій компанії



Рисунок 4.13 – Знак тестування у Федеральній телекомунікаційній комісії США



Рисунок 4.14 – Знак тестування в Канадській організації по стандартах

Знак *UL* (*UL* – *Underwriters Laboratory*), наведений на рис. 4.15, у перекладі означає «Лабораторія страховиків» – це приватна організація, спочатку заснована для потреб страхових компаній при наданні допомоги споживачам у виборі енергобезпечної продукції та устаткування.

Знак на рис. 4.16 – логотип, що є злитим написанням української літери «Я» і латинської літери «U» з лівим нахилом, є знаком, що привласнюється сертифікованою лабораторією США.

Знак, що показаний на рис. 4.17, – це знак тестування на відповідність вимогам Японської асоціації *VCCI* – добровільної контролюючої ради з перешкод; на рис. 4.18 – знак тестування на відповідність вимогам Австралійського департаменту зв'язку (*ACA*); на рис. 4.19 – знак відповідності Тайванського бюро зі стандартизації, метрології та перевірки.

На рис. 4.20 наведений знак, що означає «Увага! Ризик електричного удару. Не відкривати!».



Рисунок 4.15 – Знак тестування в Лабораторії страховиків США

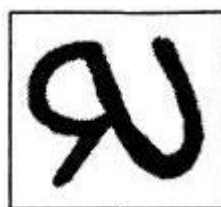


Рисунок 4.16 – Знак тестування в лабораторії США



Рисунок 4.17 – Знак тестування в Японській асоціації (контролююча рада з перешкод)

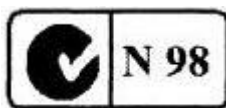


Рисунок 4.18 – Знак тестування в Австралійському департаменті зв'язку



Рисунок 4.19 – Знак відповідності вимогам Тайванського бюро зі стандартизації, метрології та перевірки



Рисунок 4.20 – Застережливий знак «Увага! Ризик електричного удару. Не відкривати»

Наявність знаку *Hg*, показаного на рис. 4.21, попереджає, що ця продукція містить ртуть.

Перекреслений знак *Pb* (рис. 4.22) означає, що ця продукція виконана за безсвинцевою технологією; на рис. 4.23 наведений приклад зображення задньої панелі реального монітора ПК.



Рисунок 4.21 – Продукція містить ртуть



Рисунок 4.22 – Продукція виготовлена за безсвинцевою технологією



Рисунок 4.23 – Приклад зображення задньої панелі реального монітора ПК

Завдання 4

Вивчити маркувальні знаки (МЗ) заданого монітора ПК, проаналізувати їх, зробити висновки про переваги та недоліки.

Порядок виконання роботи

1. Вибрати свій варіант вихідних даних із зображенням задньої панелі монітора ПК з Додатку 1.
2. Розглянувши всі маркувальні знаки заданого монітора, визначити:
 - а) марку, модель, рік випуску і країну-виробника;
 - б) знаки тестування в різних авторитетних лабораторіях світу;
 - в) знаки безпеки від електромагнітного випромінювання;
 - г) країни, куди поставляється ця модель монітора.
3. Записати висновки щодо переваг і недоліків вивченого монітора.

Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Відсканований (сфотографований) роздрук МЗ задньої панелі монітора ПК.
3. Докладний аналіз усіх МЗ заданого монітора.
4. Висновок про переваги і недоліки вивченого монітора ПК.

ТЕМА 5. АНАЛІЗ РЕАЛЬНИХ ШТРИХ-КОДІВ. ПЕРЕВІРКА ЇХ ДОСТОВІРНОСТІ

Тенденцією декількох останніх десятиліть у багатьох країнах, у тому числі в Україні, є впровадження різновиду інформаційних технологій, заснованих на використанні штрихового кодування (не тільки у торгівлі, сфері послуг, але і в промисловому виробництві для ідентифікації друкарських плат, складальних вузлів, виробів, упаковок, у поштових і транспортних відомствах, банківській системі, клініках та ін.) з передачі інформації за допомогою носія даних – символу штрихового коду.

Як відомо, за кордоном уже тривалий час товари масового споживання забезпечуються етикетками та ярликами, на які нанесений штрих-код, що дозволяє однозначно ідентифікувати товар і виробника. Місця прийому й продажу товарів забезпечені технічними засобами, які забезпечують автоматичне прочитування цих кодів і введення отриманої інформації в ЕОМ для подальшої обробки, проведення касових розрахунків.

Штриховим називається код, що складається із знаків набору паралельних темних (штрих) і світлих (пропуск) смуг різної ширини, що чергуються, відповідно до ГОСТ Р ІСО МЭК16022–2008. Розміри смуг стандартизовані. Найвужчий штрих прийнятий за одиницю. Кожна цифра (розряд) складається з двох штрихів і двох пропусків.

Технології штрихового кодування досить ефективно застосовують у роздрібній торгівлі, що має велике значення для споживачів. Наявність штрих-коду на товарі дозволяє повністю автоматизувати процес управління рухом товарів від моменту їх надходження в магазин до продажу покупцеві. Будь-які операції з кожною одиницею товару враховуються в центральному комп'ютері магазину, тим самим забезпечується автоматичний контроль динаміки продажу товару, зміна товарних запасів. Така технологія обліку дозволяє автоматизувати бухгалтерську діяльність, аналізувати підсумки роботи за структурними підрозділами, що помітно покращує фінансово-комерційну діяльність торгуючої організації, і оперативно задовольняти потреби споживачів.

Інформація в штриховому коді визначається співвідношенням ширини штрихів і пропусків. Висота не несе інформаційного навантаження і ви-

бирається з міркувань легкості прочитування – вона повинна забезпечити перетин променем сканера всіх штрихів коду.

Штрихові коди можна умовно розділити на два типи:

- товарні (мають два ряди – штриховий і цифровий);
- технологічні (мають один ряд – штриховий).

Товарні коди були створені спеціально для ідентифікації вироблених товарів, їх обліку при транспортуванні і управлінні складськими і торговими процесами.

Штриховий ряд у товарному коді призначений для оптичного прочитування шляхом поперечного сканування. Сканер декодує штрихи в цифри через декодер (мікропроцесор) і вводить інформацію про товар у комп'ютер.

Цифровий ряд призначений споживачеві, інформація для якого обмежена тільки вказівкою країни і можливістю перевірки достовірності штрих-коду по контрольному розряду. Повний штриховий код дозволяє закупівельним торговим організаціям мати чіткі реквізити походження товару і адресно пред'являти претензії за якістю, безпекою і іншими параметрами, що не відповідають контракту договору.

Розроблена велика різноманітність товарних штрих-кодів. До них відносяться код *UPC*, що використовується в США й Канаді, і код *EAN*, створений у Європі на основі коду *UPC*, і використовується практично на всіх континентах.

UPC (Uniform Product Code – універсальний код продукції) був прийнятий у 1973 р. в США, а в 1977 р. з'явилася Європейська система кодування *EAN (European Article Numbering* – Європейська товарна нумерація). Названі системи кодування успішно використовуються на добровільній основі для кодування товарів у торгівлі у всіх регіонах світу.

Код *UPC* буває 10-, 12- і 14-розрядним. Штрих-код, що складається з 14 цифр і обведений у жирну темну рамку, призначений для упаковки.

В Україні та країнах Євросоюзу широко використовують штрих-коди 8- і 13-розрядні: *EAN–8* і *EAN–13*.

Штрих-коди *EAN–8* застосовують для товарів невеликих розмірів (сигарети, ліки, косметика, елементи живлення та ін.).

Разом з цим використовують код групової упаковки *IUF-14*. Решта всіх кодів, що застосовуються в інших умовах, можна з деякою умовністю віднести до технологічних. Умовність полягає в тому, що на товарах разом з товарним кодом, що ідентифікує їх, може розміщуватися транспортна або інформаційна етикетка, виконана одним з технологічних кодів.

Як уже наголошувалося раніше, в 1977 р. на основі Європейської (*EAN International*) і Північноамериканської (*Uniform Code Council – UCC*) асоціацій товарної нумерації була утворена глобальна міжнародна система товарних номерів *EAN / UCC*, яка об'єднує національні організації більше ста країн світу.

Україна як європейська країна використовує штрихові коди стандарту *EAN-13* і *EAN-8*. Ці коди несуть у собі чотири основні смислові частини. У табл. 5.1–5.5 наведено структури штрих-кодів *EAN-8*, *EAN-13*, *UPC-10*, *UPC-12*, *UPC-14*.

Таблиця 5.1 – Структура штрих-коду *EAN-8*

Код країни	Код виробника	Код товару	Контрольний розряд
Три цифри	Дві цифри	Дві цифри	Одна цифра

Таблиця 5.2 – Структура штрих-коду *EAN-13*

Код країни	Код виробника	Код товару	Контрольний розряд
Три цифри	Шість цифр	Три цифри	Одна цифра

Таблиця 5.3 – Структура штрих-коду *UPC-10*

Код країни	Код виробника	Код товару	Контрольний розряд
Три цифри	Три цифри	Три цифри	Одна цифра

Таблиця 5.4 – Структура штрих-коду *UPC-12*

Код країни	Код виробника	Код товару	Контрольний розряд
Три цифри	П'ять цифр	Три цифри	Одна цифра

Таблиця 5.5 – Структура штрих-коду *UPC-14*

Код країни	Код виробника	Код товару	Контрольний розряд
Три цифри	Сім цифр	Три цифри	Одна цифра

В Україні національною організацією товарної нумерації є Асоціація товарної нумерації України (АТНУ) «ЄАН-Україна». В даний час вона на-

лічує близько 6000 провідних українських підприємств – членів Асоціації. Всі вони мають унікальні ідентифікаційні номери, які починаються з цифр 482.

Європейська асоціація автоматичної ідентифікації розробила і централізовано надає ліцензію на використання префіксів країн світу.

З 1 січня 2001 р. штрих-коди *EAN*–13 мають структуру дев'ять до трьох (9/3), тобто міжнародний код підприємства відповідає дев'яти цифрам (розрядам), а три цифри відведено коду товару на підприємстві.

Перші три цифри коду *EAN* / *UPC* називаються префіксом (прапором країни) національної організації. Його привласнює *EAN International*.

Код підприємства-виробника складається в кожній країні відповідним національним органом. В Україні – це згадувана раніше АТНУ «САН–Україна». Вона представляє інтереси України в *EAN International*, має право розробляти цифрові коди українських підприємств у системі *EAN* і вносити їх до свого банку даних.

Для поліграфічної продукції в Україні застосовують штрих-коди:

ISSN – для періодичних видань (журналів, газет);

ISBN – для книг.

Слід зазначити про поширенішу помилку, що за першими трьома цифрами штрих-коду можна визначити країну-виробника товару, проте це не так, оскільки по префіксу можна визначити тільки, в якій національній організації-членові *EAN International* зареєстровано підприємство.

Система *EAN/UPC*, як вже наголошувалося раніше, за своїм статусом є не обов'язковою і добровільною. Підприємство має право одночасно бути членом декількох національних організацій *EAN*. Наприклад, одна з американських компаній *Intel*, що експортує процесори в різні країни, вступила в національні організації – члени *EAN International* країн-імпортерів і для кожної країни виготовляє упаковку продукції зі своїм штрих-кодом (наприклад, для України з префіксом 482, для США – з префіксом 000–139 і т.д.). Таким чином, цифра 482 на початку штрих-коду свідчить про те, що це підприємство є членом АТНУ «САН–Україна».

З причини важливості даного питання зупинимося докладніше на призначенні контрольного розряду.

Контроль штрих-коду необхідний для виключення помилок при введенні в комп'ютерні системи (особливо це стосується кодів великої довжини), а також для перевірки достовірності штрих-кодів. Далі наведений алгоритм розрахунку контрольного розряду.

Алгоритм розрахунку контрольної цифри. Цей алгоритм застосовний для штрих-кодів *EAN-8*, *EAN-13*, *UPC*, *ISBN*, *ISSN*. При цьому використовується один і той же алгоритм обчислень за модулем 10.

Для розрахунку контрольної цифри слід пронумерувати всі розряди цифрового ряду справа наліво, починаючи з позиції контрольного розряду (перший). Потім:

- 1) починаючи з другого, скласти цифри всіх парних розрядів;
- 2) отриману суму помножити на 3;
- 3) починаючи з третього, скласти цифри всіх непарних розрядів;
- 4) скласти результати, отримані в другому і третьому пунктах;
- 5) значення контрольного розряду є найменшим числом, яке в сумі з величиною, отриманою в пункті 4, дасть число, кратне 10.

Приклад 5.1. Обчислити контрольний розряд для такого штрих-коду:

4	2	7	6	2	2	1	3	5	7	4	6	9
13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

- 1) $6 + 7 + 3 + 2 + 6 + 2 = 26$;
- 2) $26 \cdot 3 = 78$;
- 3) $4 + 5 + 1 + 2 + 7 + 4 = 23$;
- 4) $78 + 23 = 101$;
- 5) $101 + 9 = 110$.

При збігу контрольної цифри з цифрою (9), що додається для кратності, – штрих-код правильний.

Приклад 5.2. Обчислити контрольний розряд для такого штрих-коду:
4606453849072.

Метод перший:

1. Рухаючись справа наліво, необхідно підсумувати всі цифри на парних позиціях:

$$7 + 9 + 8 + 5 + 6 + 6 = 41.$$

2. Потім помножити отриманий результат на 3:

$$41 \cdot 3 = 123.$$

3. Далі підсумувати цифри на непарних позиціях, починаючи з третьої за рахунком цифри:

$$0 + 4 + 3 + 4 + 0 + 4 = 15.$$

4. Потім підсумувати результати, отримані в пунктах 2 і 3:

$$123 + 15 = 138.$$

5. Потрібно округлити отриманий результат у більшу сторону до найближчого кратного десяти. У нашому випадку це 140.

6. Потім від цього числа відняти суму, отриману при обчисленнях у пункті 4:

$$140 - 138 = 2.$$

Отриманий результат відповідає контрольній (останній) цифрі штрих-коду, що говорить про достовірність товару.

Метод другий:

1. Необхідно підсумувати всі цифри на парних позиціях, рухаючись зліва направо:

$$6 + 6 + 5 + 8 + 9 + 7 = 41.$$

2. Потім помножити отриманий результат на 3:

$$41 \cdot 3 = 123.$$

3. Далі підсумувати цифри на непарних позиціях без урахування контрольної цифри:

$$4 + 0 + 4 + 3 + 4 + 0 = 15.$$

4. Потім необхідно підсумувати результати, отримані в пунктах 2 і 3:

$$123 + 15 = 138.$$

5. Від отриманої суми потрібно залишити тільки число одиниць. У нашому випадку це 8.

6. Потім це число відняти від 10:

$$10 - 8 = 2.$$

Отриманий результат відповідає контрольній цифрі штрих-коду, що говорить про достовірність товару.

Таким чином, сканери штрих-коду дуже швидко перевіряють себе. У

випадку, якщо контрольна цифра не збігається з результатом цих обчислень, то штрих-код не вірний.

Завдання 5

Вивчити структуру різних видів штрих-кодів, перевірити достовірність двох штрих-кодів, розрахувати контрольну цифру в третьому штрих-коді.

Порядок виконання роботи

- 1) Вибрати свій варіант вихідних даних із Додатка 2.
- 2) Проаналізувати задані штрих-коди і отримані відомості занести в табл. 4.6 у той рядок, якому відповідають задані штрих-коди (за видами). Префікси країн світу (в національній організації *EAN / UCC*) наведено в табл. Д 2.1.
- 3) Перевірити достовірність першого і третього штрих-кодів за контрольним розрядом.
- 4) Розрахувати контрольну цифру другого штрих-коду.
- 5) На підставі виконаних пунктів 3, 4 і аналізу всіх штрих-кодів написати висновки з обґрунтуванням їх достовірності.

Таблиця 5.6 – Інформація про задані штрих-коди

Вид штрих-коду	Повний штрих-код	Цифровий код			
		країни	виробника	товару	контрольного розряду
<i>EAN-8</i>					
<i>EAN-13</i>					
<i>UPC-10</i>					
<i>UPC-12</i>					
<i>UPC-14</i>					

Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Таблиця 5.6.
3. Висновки з обґрунтуванням за всіма трьома штрих-кодами.

ТЕМА 6. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА ЇХ ВИМІРЮВАННЯ

Фізична величина – це властивість, яка в якісному відношенні спільна для багатьох матеріальних об'єктів, але в кількісному відношенні – індивідуальна для кожного з них. Фізична величина характеризує одну з властивостей об'єкта, і його характеристика може бути закріплена законодавчо у нормативних документах.

Вимірювальні величини мають *якісну і кількісну характеристики*.

Розмірність – це формалізоване відображення якісної відмінності вимірювальних величин. Розмірність відображає зв'язок величини об'єкта з основними величинами системи, в якому коефіцієнт пропорційності взято за одиницю. Розмірність позначається символом *dim* (dimension – розмір, розмірність). Розмірність основних фізичних величин позначається відповідними великими літерами, наприклад, розмірність довжини – $dim\ l - L$; розмірність маси – $dim\ m - M$; розмірність часу – $dim\ t - T$.

При визначенні розмірності похідних величин керуються такими *правилами*:

1. Розмірності лівої і правої частин рівнянь не можуть не збігатися, оскільки порівнюватися між собою можуть тільки однакові властивості. Об'єднуючи ліві й праві частини рівнянь, можна прийти до висновку, що алгебраїчно підсумовуватися можуть тільки величини, що мають однакові розмірності.

2. Алгебра розмірності мультиплікативна, тобто складається з однієї-єдиної дії – добутку.

3. Розмірність добутку декількох величин дорівнює добутку їх розмірності. Так, якщо залежність між значеннями величин Q, A, B, C має вигляд $Q = A \cdot B \cdot C$, то $dim\ Q = dim\ A \cdot dim\ B \cdot dim\ C$.

4. Розмірність частки при діленні однієї величини на іншу дорівнює відношенню їх розмірностей, тобто, якщо $Q = A / B$, то $dim\ Q = dim\ A / dim\ B$.

5. Розмірність будь-якої величини, зведеної в деякий степінь, дорівнює такому ж степеню її розмірності. Так, якщо $Q = A^n$, то

$$dim\ Q = \prod_1^n dim\ A = dim^n A.$$

Кратна одиниця фізичної величини – це одиниця, що більше системної в ціле число разів, наприклад кілограм (10^3).

Часткова одиниця фізичної величини – це одиниця, що менше системної в ціле число разів, наприклад мілісекунда (10^{-3}).

Множники і префікси для утворення десяткових кратних і часткових одиниць наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Множники і префікси для утворення десяткових кратних і часткових одиниць

Часткові та кратні префікси	Позначення		Множник
	українське	міжнародне	
піко	п	<i>p</i>	10^{-12}
нано	н	<i>n</i>	10^{-9}
мікро	мк	<i>μ</i>	10^{-6}
мілі	м	<i>m</i>	10^{-3}
санти	с	<i>s</i>	10^{-2}
деци	д	<i>d</i>	10^{-1}
кіло	к	<i>k</i>	10^3
мега	М	<i>M</i>	10^6
гіга	Г	<i>G</i>	10^9
тера	Т	<i>T</i>	10^{12}

Таким чином, завжди можна виразити розмірність похідної фізичної величини розмірності основних фізичних величин за допомогою степеневого одночлена: $dim Q = L^\alpha \cdot M^\beta \cdot T^\gamma$, де L, M, T – розмірності відповідних основних фізичних величин; α, β, γ – показники розмірності.

Якщо показники розмірності дорівнюють нулю, то така величина називається *безрозмірною*.

Розмір фізичної величини є її *кількісною характеристикою*. Отримання інформації про розмір фізичної величини є змістом будь-якого вимірювання.

Приклад 6.1. Визначити розмірність швидкості.

Розв'язання: Оскільки швидкість визначається за формулою $v = l / t$, то $\dim v = \dim l / \dim t = L / T = L \cdot T^{-1}$. Отже, розмірність швидкості

$$[v] = \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right].$$

Приклад 6.2. Визначити розмірність сили.

Розв'язання: Якщо сила за другим законом Ньютона $F = m \cdot a$, де $a = v / t$ – це прискорення тіла, то $\dim F = \dim m \cdot \dim a = M \cdot L / T^2 = M \cdot L \cdot T^{-2}$.

$$\text{Отже, розмірність сили } [F] = \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \right] = [\text{н}].$$

Приклад 6.3. У результаті спостережень встановлено, що при русі по колу сила F , що притискує тіло до опори (рис. 6.1), якоюсь мірою залежить від швидкості v , маси m і радіуса кола r : $F = m^\alpha v^\beta r^\gamma$. Потрібно встановити вигляд цієї залежності.

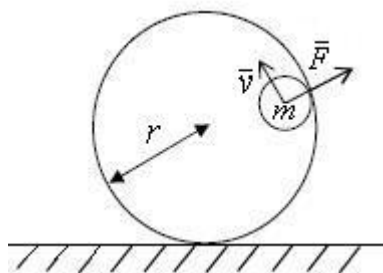


Рисунок 6.1

Розв'язання: На підставі алгебри розмірностей $\dim F = \dim (m^\alpha v^\beta r^\gamma) = \dim^\alpha m \cdot \dim^\beta v \cdot \dim^\gamma r$, але $\dim F = MLT^{-2}$, $\dim m = M$, $\dim v = LT^{-1}$, $\dim r = L$. Звідки $MLT^{-2} = M^\alpha (LT^{-1})^\beta L^\gamma = M^\alpha L^{\beta+\gamma} T^{-\beta}$. Отже, показники розмірності задовольняють рівнянням $\beta + \gamma = 1$; $\alpha = 1$; $-\beta = -2$; розв'язок яких: $\alpha = 1$; $\beta = 2$; $\gamma = -1$. Таким чином, $F = \frac{mv^2}{r}$.

Приклад 6.4. Маятник характеризується двома величинами: масою m і довжиною l . Коливання маятника здійснюються під дією сили тяжіння P . Отже, період коливань τ може залежати тільки від цих трьох величин і ϵ

функцією вигляду: $\tau = C \cdot m^\alpha \cdot l^\beta \cdot P^\gamma$ (рис. 6.2). Потрібно визначити вигляд цієї залежності.

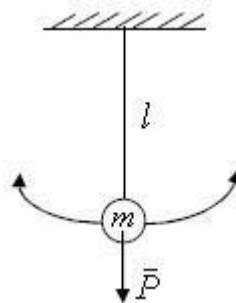


Рисунок 6.2

Розв'язання: Запишемо умову рівності розмірностей лівої і правої частин рівняння. Оскільки $\dim \tau = T$, $\dim m = M$, $\dim l = L$, $\dim P = MLT^{-2}$, то $T = M^\alpha L^\beta (MLT^{-2})^\gamma = M^{\alpha+\gamma} L^{\beta+\gamma} T^{-2\gamma}$. Порівнюючи відповідні показники лівої і правої частин цієї рівності, отримуємо систему рівнянь: $\alpha + \gamma = 0$; $\beta + \gamma = 0$; $-2\gamma = 1$, розв'язок яких: $\alpha = 1/2$; $\beta = 1/2$; $\gamma = -1/2$. Підставивши знайдені значення показників розмірності їх в початкове рівняння, отримаємо:

$$\tau = C \cdot m^{1/2} \cdot l^{1/2} \cdot P^{-1/2} = C \sqrt{\frac{lm}{P}}, \text{ оскільки сила тяжіння } P = mg, \text{ то } \tau = C \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Приклад 6.5. Визначити розмірність гравітаційної сталої.

Розв'язання: Відомо, що закон всесвітнього тяжіння аналітично виражається так:

$$F = \gamma(m_1 m_2) / R^2,$$

де m_1, m_2 – маси тіл; R – відстань між тілами; γ – гравітаційна стала; F – сила, яка виникає між тілами; розмірність сили визначається другим законом Ньютона $F = ma$, тобто

$$\dim F = \dim m \cdot \dim a = LMT^{-2}.$$

Гравітаційна стала γ визначається так:

$$\gamma = (F \cdot R^2) / (m_1 m_2).$$

Тоді $\dim \gamma = LMT^{-2} \cdot L^2 / M^2 = L^3 M^{-1} T^{-2}$. Отже, розмірність гравітаційної

сталой $[\gamma] = \left[\frac{M^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right]$.

Завдання 6

Задача 6.1. Використовуючи розмірності основних фізичних величин: довжини L ; маси M ; часу T ; сили електричного струму I ; сили світла J , – визначити похідні одиниці системи СІ. Результати записати в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Вихідні дані до задачі 6.1

Варіант	Найменування	Розмірність
1	Прискорення	
2	Щільність	
3	Напруженість магнітного поля	
4	Яскравість	
5	Тиск	
6	Імпульс сили	
7	Потужність	
8	Різність потенціалів	
9	Електрична ємність	
10	Магнітна індукція	

Задача 6.2. Розв'язати такі задачі:

Варіант 1. З якою потужністю повинне працювати серце, щоб перемищувати кров із швидкістю $v = 0,3$ м/с у капілярі радіусом $r = 0,3$ мм і коефіцієнтом поверхневого натягнення $\alpha = 73$ МН/м?

Варіант 2. Енергія якимось чином залежить від маси, довжини і частоти. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 3. Сила якимось чином залежить від маси, довжини і частоти. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 4. Автомобіль розвиває максимальну потужність $P = 100$ Дж/с. Оцініть, за який час автомобіль досягне швидкості $v = 100$ км/г, якщо маса автомобіля $m = 1200$ кг.

Варіант 5. Сила якимось чином залежить від щільності, довжини і частоти. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 6. Електричний струм якимось чином залежить від електричного заряду, часу і швидкості. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 7. Роторний насос піднімає воду з щільністю $\rho = 1$ кг/л у висотну будівлю. Оцініть максимальну висоту h , на яку насос зможе підняти рідину, якщо тиск повітря $p = 100$ кПа і прискорення вільного падіння $g = 10$ м/с².

Варіант 8. Напруга якимось чином залежить від електричного заряду, маси і швидкості. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 9. Потужність якимось чином залежить від електричного заряду, часу і напруги. Використовуючи теорію розмірностей, встановіть рівняння зв'язку між цими фізичними величинами.

Варіант 10. Оцініть, який тиск створюють порохові гази, якщо порох масою $m = 5$ г поміщений в об'ємі $V = 0,1$ л і питома теплота згорання палива $\gamma = 46$ МДж/кг.

Задача 6.3. Для свого варіанта вихідних даних, наведених у Додатку 3, перевести основні та похідні одиниці в кратні, часткові одиниці і навпаки. Результати записати в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Результати задачі 6.3

Задано	Перевести в одиниці
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

ТЕМА 7. ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ

7.1. Визначення похибок

Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірювальної величини. Істинне значення вимірювальної величини використовується в теоретичних питаннях метрології. На практиці використовується дійсне значення величини, яке отримують при технічних вимірюваннях.

Похибку знаходять за формулою:

$$\Delta X = X_{\text{вим}} - X, \quad (7.1)$$

де ΔX – похибка вимірювання; $X_{\text{вим}}$ – значення величини, яке отримане в результаті вимірювання; X – істинне (дійсне) значення величини.

Рівноточні вимірювання – це вимірювання, які проводяться засобами вимірювань однакової точності за однією і тією ж методикою за незмінних зовнішніх умов.

Залежно від форми виразу розрізняють абсолютну, відносну і приведену похибки вимірювання.

Абсолютна похибка вимірювання виражається в одиницях вимірюваної величини, як різниця між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини:

$$\Delta = X_{\text{вим}} - X_{\text{д}}, \quad (7.2)$$

де $X_{\text{д}}$ – значення величини, яке прийняте за дійсне.

Відносна похибка вимірювання (δ) – це відношення абсолютної похибки вимірювання до умовно істинного значення вимірюваної величини і виражається у %:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X_{\text{д}}} \cdot 100 \%. \quad (7.3)$$

Відносна похибка показує, яку частину або скільки відсотків від вимірюваної величини складає абсолютна похибка.

Приведена похибка

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 \%, \quad (7.4)$$

де X_N – нормоване значення величини.

Наприклад, $X_N = X_{\max}$, де X_{\max} – максимальне значення вимірюваної величини.

Як дійсне значення при багатократних вимірюваннях параметра виступає середнє арифметичне значення \bar{x} :

$$X_d \approx \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (7.5)$$

Величина x , що отримана в одній серії вимірювань, є випадковим наближенням до X_d . Для оцінки її можливих відхилень від X_d визначають *досвідчене середнє квадратичне відхилення* (СКВ):

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (7.6)$$

Для оцінки розсіяння окремих результатів x_i вимірювання щодо середнього \bar{x} визначають СКВ:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n \geq 20$$

або

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{при } n < 20.$$

Застосування формули (7.7) правомірне за умови постійності вимірюваної величини в процесі вимірювання. Якщо при вимірюванні величина змінюється як при вимірюванні температури остигаючого металу або вимірюванні потенціалу провідника через рівні відрізки довжини, то у формулах (7.7) і як \bar{x} слід брати якусь постійну величину, наприклад, початок відліку.

Формули (7.6) і (7.7) відповідають центральній граничній теоремі теорії ймовірності, згідно з якою

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma_x / \sqrt{n}. \quad (7.8)$$

Потрібно чітко розмежовувати застосування $\sigma_{\bar{x}}$ і σ_x : величина $\sigma_{\bar{x}}$ використовується при оцінці похибки остаточного результату, а σ_x – при оцінці похибки методу вимірювання.

Залежно від характеру прояву, причин виникнення і можливостей усунення розрізняють систематичну і випадкову складові похибки вимірювань, а також грубі похибки (промахи).

Систематична складова Δ_C залишається постійною або закономірно змінюється при повторних вимірюваннях одного і того ж параметра.

Випадкова складова Δ_B змінюється при повторних вимірюваннях одного і того ж параметра випадковим чином.

Грубі похибки (промахи) виникають через помилкові дії оператора, несправності СІ або різкі зміни умов вимірювань. Як правило, грубі похибки виявляються в результаті обробки результатів вимірювань за допомогою спеціальних критеріїв.

Випадкова і систематична складові похибки вимірювання виявляються одночасно так, що *загальна похибка* при їх незалежності виражається таким чином:

$$\Delta = \Delta_C + \Delta_B$$

або через СКВ

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_{\Delta_C}^2 + \sigma_{\Delta_B}^2}.$$

Значення випадкової похибки заздалегідь невідоме, вона виникає внаслідок безлічі неврахованих чинників. Випадкові похибки не можна виключити повністю, але їх вплив може бути зменшений шляхом обробки результатів вимірювань. Для цього мають бути відомі ймовірнісні і статистичні характеристики (закон розподілу, закон математичного очікування, СКВ, довірча ймовірність і довірчий інтервал). Часто для попередньої оцінки закону розподілу параметра використовують відносну величину СКВ – *коефіцієнт варіації*:

$$v_x = \left(\frac{\sigma_x}{\bar{x}} \right) \cdot 100\%. \quad (7.9)$$

Наприклад, при $v_x \leq 0,33 \dots 0,35$ можна вважати, що розподіл випадкової величини підкоряється нормальному закону.

Якщо P означає ймовірність α того, що \bar{x} результату вимірювання відрізняється від істинного на величину не більше ніж Δ_B , тобто

$$P = \alpha \{ \bar{x} - \Delta_B \leq X_d \leq \bar{x} + \Delta_B \}, \quad (7.10)$$

тоді P – це довірча ймовірність, а інтервал від $\bar{x} - \Delta_B$ до $\bar{x} + \Delta_B$ – довірчий інтервал.

Систематична похибка розглядається за складовими залежно від джерел її виникнення.

Суб'єктивні систематичні похибки пов'язані з індивідуальними особливостями оператора. Як правило, ця похибка виникає за рахунок помилок у звіті показників (приблизно 0,1 ділення шкали) і недосвідченості оператора. В основному ж систематичні похибки виникають унаслідок методичної та інструментальної складових.

Методична складова похибки обумовлена недосконалістю методу вимірювання, прийомами використання СІ, некоректністю розрахункових формул і округлення результатів.

Інструментальна складова виникає за рахунок власної похибки СІ, що визначається класом точності, впливом СІ на результат і обмеженою роздільною здатністю СІ.

Усі види складових похибки потрібно аналізувати і виявляти окремо, а потім підсумовувати їх залежно від характеру, що є основним завданням при розробці і атестації методик виконання вимірювань.

7.2. Запис результатів вимірювань

Рівноточні, багатократні вимірювання

ГОСТ 8.207-76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Общие положения» регламентує порядок і методи обробки рівноточних багатократних вимірювань.

Запис результатів вимірювань: $X = \bar{X} \pm \Delta_p$ при довірчій ймовірності $P = P_d$.

За відсутності даних про функції розподілу складових похибки результати вимірювань показують у вигляді \bar{X} , $\sigma_{\bar{x}}$, n .

Одноразові вимірювання

Методика обробки результатів прямих одноразових вимірювань наведена в рекомендаціях Р 50.2.038-2004 «ГСИ. Измерения прямые однократ-

ные. Оценивание погрешностей и неопределенностей результатов измерений»).

Результат прямих одноразових вимірювань повинен записуватися відповідно до рекомендацій МІ 1317-2004 «ГСИ. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров» у вигляді $X \pm \Delta(P)$ при довірчій ймовірності $P = P_d$.

Приклад 7.1. Істинний вміст кристалізованої води в хлориді барію складає 14,75 масових часток, %, а в результаті аналізу було знайдено 14,68 масових часток, %. Визначити абсолютну і відносну похибки.

Розв'язання: Абсолютна похибка визначення дорівнює: $\Delta = X_{\text{вим}} - X_d = 14,68 - 14,75 = -0,07$ %. Відносна похибка визначення кристалізованої води складає: $\delta = -\frac{0,07}{14,75} \cdot 100\% = -0,48$ %.

Приклад 7.2. Вольтметр показує 230 В. Середнє квадратичне відхилення показника $\sigma_U = 2$ В. Похибка від підключення вольтметра в ланцюг (зміна напруги) дорівнює -1 В. Істинне значення напруги з імовірністю $P = 0,9544$ ($t_p = 2$) дорівнює: а) $U = 230 \pm 3$ В, $P = 0,9544$; б) $U = 230 \pm 5$ В, $P = 0,9544$; в) $U = 231 \pm 2$ В, $t_p = 2$; г) $U = 231 \pm 4$ В, $P = 0,9544$.

Дано:

$$U_{\text{вим}} = X_{\text{вим}} = 230 \text{ В};$$

$$\sigma_U = 2 \text{ В};$$

$$\Delta = -1 \text{ В};$$

$$P = 0,9544;$$

$$t_p = 2$$

Розв'язання: Тут наведено результат одноразового прямого вимірювання з наявністю випадкової і систематичної складових похибки вимірювання. Систематична складова похибка постійна, оскільки вказаний знак. Тому спочатку потрібно ввести в показник поправку:

$$q = -\Delta_C = +1 \text{ В.}$$

$$\Delta = X_{\text{вим}} - X_d; \Delta = U_{\text{вим}} - U_d.$$

$$X_d = X_{\text{вим}} - \Delta = 230 \text{ В} - (-1) \text{ В} = 231 \text{ В.}$$

$$U = U_{\text{вим}} \pm t_p \sigma_{\bar{x}}. \sigma_{\bar{x}} = \sigma_x / \sqrt{n}.$$

Тому дійсне значення напруги з імовірністю $P = 0,9544$ ($t_p = 2$).

$$U = 231 \pm 2 \cdot 2 \text{ В} = 231 \pm 4 \text{ В.}$$

$U - ?$

Приклад 7.3. Лічильник електричної енергії класу точності $\textcircled{2}$ показує 500 кВт·г. Межа припустимої абсолютної похибки приладу дорівнює:
а) 2,5 кВт·г; б) 2 кВт·г; в) 5 кВт·г; г) 10 кВт·г.

Дано:

$$\delta = \pm 2\% ;$$

$$X = 500 \text{ кВт}\cdot\text{г}$$

$$\Delta - ?$$

Розв'язання:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100\% .$$

$$\Delta = \frac{\delta X}{100\%} = \frac{2\% \cdot 500 \text{ кВт}\cdot\text{г}}{100\%} = 10 \text{ кВт}\cdot\text{г} .$$

Межа припустимої абсолютної похибки приладу $\Delta = 10 \text{ кВт}\cdot\text{г}$.

Приклад 7.4. Електричний опір навантаження визначається за законом Ома: $R = \frac{U}{I}$. При вимірюванні сили струму і напруги одержані значення $U = 100 \pm 1 \text{ В}$; $I = 2 \pm 0,1 \text{ А}$. Результат вимірювання слід записати у вигляді: а) $R = 50 \pm 3 \text{ Ом}$; б) $R = 50,0 \pm 1,1 \text{ Ом}$; в) $R = 48 \pm 10 \text{ Ом}$; г) $R = 50,0 \pm 2,2 \text{ Ом}$.

Дано:

$$U = 100 \pm 1 \text{ В} ;$$

$$I = 2 \pm 0,1 \text{ А}$$

$$R - ?$$

$$I = \frac{U}{R} \rightarrow R = \frac{U}{I} .$$

Розв'язання:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 50 \text{ Ом} .$$

$$\delta_R = \delta_U + \delta_I ;$$

$$\delta_U = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100\% = \pm \frac{1 \text{ В}}{100 \text{ В}} \cdot 100\% = \pm 1\% .$$

$$\delta_I = \pm \frac{\Delta}{X} \cdot 100\% = \pm \frac{0,1 \text{ А}}{2 \text{ А}} \cdot 100\% = \pm 5\% .$$

$$\delta_R = \delta_U + \delta_I = 1\% + 5\% = 6\% .$$

$$\delta_R = \pm \frac{\Delta}{X_R} \cdot 100\% .$$

Знаходимо абсолютну похибку:

$$\Delta_R = \frac{\delta_R X_R}{100\%} = \frac{6\% \cdot 50 \text{ Ом}}{100\%} = 3 \text{ Ом} .$$

Результат вимірювань слід записати у вигляді:

$$R = 50 \pm 3 \text{ Ом} .$$

Приклад 7.5. Чому дорівнюють абсолютні похибки окремих вимірювань і середня квадратична похибка середнього значення величин X , якщо при її вимірюванні були отримані такі результати: 38,21; 39,11; 37,98; 38,52; 39,32; 37,94; 37,09 с.

Дано:

$$X_1 = 38,21 \text{ с};$$

$$X_2 = 39,11 \text{ с};$$

$$X_3 = 37,98 \text{ с};$$

$$X_4 = 38,52 \text{ с};$$

$$X_5 = 39,32 \text{ с};$$

$$X_6 = 37,94 \text{ с};$$

$$X_7 = 37,09 \text{ с}$$

$$\Delta - ?$$

$$\sigma_{\bar{x}} - ?$$

Розв'язання: Знаходимо середнє арифметичне значення вимірюваної величини:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{38,21 + 39,11 + \dots + 37,09}{7} = 38,31 \text{ с.}$$

Знаходимо абсолютні значення похибки окремих вимірювань (модуль похибки):

$$\Delta X_1 = |38,31 - 38,21| = |0,1| = 0,1 \text{ с.}$$

$$\Delta X_2 = |38,31 - 39,11| = |-0,8| = 0,8 \text{ с.}$$

$$\Delta X_3 = |38,31 - 37,98| = |0,33| = 0,33 \text{ с.}$$

$$\Delta X_4 = |38,31 - 38,52| = |-0,21| = 0,21 \text{ с.}$$

$$\Delta X_5 = |38,31 - 39,32| = |-1,01| = 1,01 \text{ с.}$$

$$\Delta X_6 = |38,31 - 37,94| = |0,37| = 0,37 \text{ с.}$$

$$\Delta X_7 = |38,31 - 37,09| = |1,22| = 1,22 \text{ с.}$$

Середня квадратична похибка результату вимірювання середнього арифметичного:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{3,4483}{42}} = \sqrt{0,0821} = 0,2864 = 0,29 \text{ с.}$$

Знаходимо:

$$\Delta X = \frac{0,1 + 0,8 + 0,33 + 0,21 + 1,01 + 0,37 + 1,22}{7} = \frac{4,04}{7} = 0,58 \text{ с.}$$

Відносна похибка вимірювання:

$$\delta = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \cdot 100\% = \frac{0,58}{38,31} \cdot 100\% = 0,01513 \cdot 100\% = 1,5\%.$$

$$X = (38,31 \pm 0,29) \text{ с.}$$

$$\delta = \pm 1,5\%.$$

Завдання 7

Варіант 1. Результати вимірювань діаметру диска відповідають: 42,4; 42,6; 42,8; 42,7; 41,9; 41,8; 42 мм. Чому дорівнює площа диска? Відповідь записати в стандартній формі з урахуванням правил оформлення абсолютної та відносної похибок.

Варіант 2. Після округлення отримані такі результати вимірювань: $A = (12,3 \pm 0,2)$ с; $B = (21,3 \pm 0,4)$ мм; $C = (832 \pm 6)$ г. Чому дорівнюють відносні похибки в даних результатах? Які фізичні величини показують A , B , C ?

Варіант 3. При багатократному вимірюванні довжини L одержані значення в міліметрах: 30,2; 30,0; 30,4; 29,7; 30,3; 29,9; 30,2. Укажіть довірчі межі дійсного значення довжини з імовірністю $P = 0,98$ ($t_p = 3,143$).

Варіант 4. При багатократному вимірюванні вологості повітря отримані значення: 65, 64, 66, 65, 63, 64, 66, 67. Укажіть довірчі межі для дійсного значення вологості у відсотках з імовірністю $P = 0,928$ ($t_p = 2,16$).

Варіант 5. Чому дорівнюють абсолютні похибки окремих вимірювань і середня квадратична похибка середнього значення величини A , якщо при її вимірюванні були отримані такі результати: 38,21; 39,11; 37,98; 38,52; 39,32; 37,09 с. Яку фізичну величину показує A ?

Варіант 6. Результати діаметру диска складають: 32,4; 32,6; 32,8; 32,7; 31,9; 31,8; 32 мм. Чому дорівнює площа диска? Відповідь записати в стандартній формі з урахуванням правил оформлення абсолютної та відносної похибок.

Варіант 7. При багатократному вимірюванні довжини L одержані значення в міліметрах: 20,2; 20,0; 20,4; 19,7; 20,3; 19,9; 20,2. Укажіть довірчі межі дійсного значення довжини з імовірністю $P = 0,98$ ($t_p = 3,143$).

Варіант 8. Після округлення отримані такі результати вимірювань: $A = (22,3 \pm 0,2)$ с; $B = (31,3 \pm 0,4)$ мм; $C = (932 \pm 6)$ г. Чому дорівнюють відносні похибки в даних результатах? Які фізичні величини показують A , B , C ?

Варіант 9. Результати вимірювань діаметра диска відповідають: 22,4; 22,6; 22,8; 22,7; 21,9; 21,8; 22 мм. Чому дорівнює площа диска? Відповідь записати в стандартній формі з урахуванням правил округлення абсолютної та відносної похибок.

Варіант 10. При багатократному вимірюванні довжини L одержані значення в міліметрах: 10,2; 10,0; 10,4; 9,7; 10,3; 9,9; 10,2. Укажіть довірчі межі дійсного значення довжини з імовірністю $P = 0,98$ ($t_p = 3,143$).

ТЕМА 8. ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИКЛЮЧЕННЯ ПОМИЛОК

Грубою похибкою або промахом називається похибка, що істотно перевищує значення очікуваної похибки за даних умов проведення експерименту. Зазвичай грубі похибки виникають унаслідок різкої зміни умов вимірювального експерименту: «стрибки» струму джерела електроживлення, при неправильному поводженні із засобом вимірювання, невірним відліком свідчень, помилками при записі та ін.

Грубі похибки вимірювань (промахів) можуть сильно спотворити \bar{x} , σ і довірчий інтервал, тому їх виключення з серії вимірювань обов'язково. Зазвичай їх відразу видно у ряді отриманих результатів, але у кожному конкретному випадку це необхідно довести. Оскільки грубі похибки належать до випадкових, то для їх виявлення і виключення використовуються методи теорії ймовірності (методи перевірки гіпотез). Існує *ряд критеріїв для оцінки промахів*.

1. **Критерій 3σ** є найбільш поширеним. Він використовується, коли кількість вимірювань $n \geq 20 \dots 50$. У цьому випадку вважають, що результат, отриманий з імовірністю $P = 0,03$, малоімовірний і його можна кваліфікувати як промах, тобто сумнівний результат x_i може бути виключений з вимірювань, якщо

$$|\bar{x} - x_i| > 3\sigma.$$

Величини \bar{x} , σ обчислюють без урахування x_i . Критерій надійний при $n \geq 20 \div 50$.

Приклад 8.1. Для наведеного ряду вимірювань (табл. 8.1) провести перевірку на наявність промахів, використовуючи критерій 3σ :

Таблиця 8.1 – Вихідні дані до прикладу 8.1

25	25	23	22	25	25	23	24	26	24
23	26	25	25	23	25	28	25	23	24
25	23	23	25	24	24	25	24	23	24

Розв'язання: Знаходимо середнє арифметичне значення 29 вимірювань:

$$\bar{x} = \frac{25 + \dots + 24}{29} = 24,17.$$

Для оцінки розсіяння окремих результатів x_i вимірювання щодо середнього \bar{x} визначаємо СКВ при $n > 20$:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 1,02.$$

Перевіримо умову для промаху $|\bar{x} - x_i| > 3\sigma$:

$|24,17 - 28| > 3 \cdot 1,02$ або $3,83 > 3,06$, тобто вимірювання, що дорівнює 28, є промахом і його треба виключити з вимірювань.

2. Якщо $n < 20$, то доцільно застосовувати **критерій Романовського**.

При цьому обчислюють відношення $\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| = \beta$ і отримане значення порівнюють з теоретичним β_τ при вибраному рівні значущості P по табл. 8.2.

Зазвичай вибирають $P = 0,01 \div 0,05$ і якщо $\beta \geq \beta_\tau$, то результат відкидають.

Таблиця 8.2 – Рівень значущості $\beta_\tau = f(n)$

Імовірність, P	Кількість вимірів						
	$n = 4$	$n = 6$	$n = 8$	$n = 10$	$n = 12$	$n = 15$	$n = 20$
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,1	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Приклад 8.2. При діагностуванні паливної системи автомобіля результати п'яти вимірювань витрати палива склали: 22, 24, 26, 28 і 48 л / 100 км. Останній результат ставимо під сумнів.

Розв'язання: Знаходимо середнє арифметичне значення чотирьох вимірювань:

$$\bar{x} = \frac{22 + 24 + 26 + 28}{4} = 25 \text{ л / 100 км.}$$

Для оцінки розсіяння окремих результатів x_i вимірювання щодо середнього \bar{x} визначаємо СКВ при $n < 20$:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2};$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(-3)^2 + (-1)^2 + 1^2 + 3^2}{4-1}} = \sqrt{\frac{9+1+1+9}{3}} = \sqrt{5,6} = 2,6 \text{ л / 100 км.}$$

Оскільки $n < 20$, то за критерієм Романовського, при $P = 0,01$, $n = 4$
 $\beta_\tau = f(4)$, $\beta_\tau = 1,73$

$$\beta = \left| \frac{25-48}{2,6} \right| = 8,80, \text{ оскільки } \beta \geq \beta_\tau.$$

Критерій свідчить про необхідність відкидання останнього результату.

3. **Критерій Шовіне** застосовується у випадку, якщо число вимірювань невелике (до 10), $n < 10$. В цьому випадку за промах вважається результат x_i , якщо різниця $|\bar{x} - x_i|$ перевищує значення σ , наведене нижче залежно від числа вимірювань:

$$|\bar{x} - x_i| > \begin{cases} 1,6\sigma \text{ при } n = 3, \\ 1,7\sigma \text{ при } n = 6, \\ 1,9\sigma \text{ при } n = 8, \\ 2,0\sigma \text{ при } n = 10 \end{cases}$$

Приклад 8.3. Вимірювання сили струму дало такі результати: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,20; 10,40 А. Необхідно перевірити, чи не є промахом значення 10,40 А?

Розв'язання: Підрахуємо $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 10,16\text{А};$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{0,0083} = 0,094\text{А.}$$

За критерієм Шовіне $|10,16 - 10,40| = |-0,24| > 2 \cdot 0,094\text{А.}$

Порівняємо отриману різницю $|\bar{x} - x_i|$ зі значенням $2,0\sigma$ при $n = 10$:

$$0,24 > 0,188.$$

З порівняння видно, що різниця $|\bar{x} - x_i|$ більше розрахованого значення $2,0\sigma$. Отже, результат 10,40 А є промахом.

Завдання 8

При багатократному вимірюванні фізичної величини X отримано ряд вимірних значень (табл. 8.3). Використовуючи критерій Романовського, необхідно перевірити отримані результати вимірювань на наявність грубої похибки з імовірністю P .

Таблиця 8.3 – Вихідні дані до завдання 8

Варіант	X	Результати вимірів	P
1	$U, В$	4,25; 4,21; 4,23; 4,21; 4,25; 4,23; 4,26; 4,22; 4,21; 4,23; 4,86; 4,21; 4,25; 4,24; 4,26; 4,22	0,1
2	$R, кОм$	7,36; 7,32; 7,34; 7,32; 7,36; 7,97; 7,34; 7,37; 7,33; 7,32; 7,34; 7,32; 7,36; 7,38; 7,37; 7,33	0,05
3	$I, А$	85,6; 85,7; 85,9; 85,6; 85,7; 85,8; 84,12; 85,6; 85,9; 85,9; 85,7; 85,8; 85,7; 85,8; 85,9; 85,6	0,01
4	$\varphi, \%$	58; 57; 59; 58; 57; 58; 64; 56; 59; 59; 58; 58; 57; 58; 59; 58	0,1
5	$F, Н$	403; 408; 410; 405; 406; 398; 496; 404; 410; 406; 398; 496; 404; 405; 406; 398	0,05
6	$\rho, кг/м^3$	93,08; 93,65; 93,26; 93,01; 92,35; 92,65; 92,43; 92,89; 93,87; 93,15; 93,44; 97,63; 92,99; 93,24	0,01
7	$Q, Дж$	20,4; 20,2; 20,0; 20,5; 19,7; 20,3; 20,3; 20,4; 25,4; 20,1; 20,2; 20,0; 20,5; 20,1	0,1
8	$B, Тл$	64; 64,25; 64,4; 65; 64,5; 64,9; 63,7; 64,8; 64; 64,25; 64,3; 64,4; 67; 64,5	0,05
9	$P, Па$	1503; 1508; 1505; 1503; 1510; 1505; 1507; 1503; 1503; 1508; 1505; 1499; 1510; 1505; 1507; 1598	0,01
10	$V, м^3$	50,3; 50,1; 50,2; 50,0; 50,6; 50,3; 50,4; 50,1; 50,1; 50,2; 50,0; 50,6; 42,7; 50,2; 50,0; 50,6	0,1

ТЕМА 9. НОРМУВАННЯ КЛАСУ ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

Основною характеристикою, що визначає гарантовані межі значень основних (які виникають за нормальних умов експлуатації) і додаткових (які виникають у випадку відхилення від нормальних умов експлуатації) похибок, є *клас точності засобу вимірювання*. Різниця в способах нормування класів точності зумовлена переважно різним співвідношенням адитивної (не залежить від значення вимірюваної фізичної величини) та мультиплікативної (залежить від значення вимірюваної величини) складових похибки засобів вимірювання.

За адитивного характеру похибок межі абсолютної похибки незмінні для будь-яких значень вимірюваної величини. Вказуючи значення абсолютної похибки, нормують класи точності для комплектів гир, лінійних мір, магазинів опорів та ємностей тощо, наприклад, гарантована похибка гирі Δ_x – не більше, ніж ± 1 мг.

Для аналогових приладів за різних діапазонів вимірювання нормувати значення абсолютної похибки незручно, в такому разі використовують різновид відносної похибки – *зведену похибку* $\delta_{зв}$. Ця похибка виражається відношенням найбільшої абсолютної похибки $\Delta_{x \max}$ для всього діапазону до нормованого значення N цього приладу, наприклад, абсолютне значення різниці між найменшим і найбільшим значеннями шкали:

$$\delta_{зв} = (\Delta_{x \max} \cdot 100) / N. \quad (9.1)$$

Зведена похибка є основним критерієм для визначення класу точності k , %, вимірювального приладу, тому формулу (9.1) можна переписати так:

$$k = (\Delta_{x \max} \cdot 100) / N. \quad (9.2)$$

Звідси найбільша абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_{x \max} = k \cdot N / 100. \quad (9.3)$$

Для аналогових показуючих приладів встановлено такі класи точності k : 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Прилад класу точності 1,0 зовсім не забезпечує точності ± 1 % у всьому діапазоні вимірювання: відносна похибка δ_x дорівнює класу точності тільки на останній позначці шкали, при зменшенні x відносна

похибка прямує до нескінченності (при $x = 0$).

Значення вимірюваної фізичної величини, при якому відносна похибка δ_x досягає 100 %, називається *порогом чутливості приладу*.

У засобах вимірювань, у яких переважає адитивна складова похибки, а шкала істотно нерівномірна (наприклад, логарифмічна або гіперболічна), нормується зведене значення похибки щодо довжини шкали в міліметрах, а клас точності позначають так: 2.5.

Наприклад, найбільшу абсолютну похибку результату вимірювання опору омметром можна обчислити за класом точності із співвідношення:

$$\Delta_x = \pm k \cdot L / 100 \cdot S_x, \quad (9.4)$$

де L – довжина шкали, мм; $S_x = l_x / R$ – чутливість у точці відліку, мм/Ом; l_x – відстань між поділками в точці відліку, мм; R_x – різниця відліків за цими поділками, Ом.

У засобах вимірювань із мультиплікативною похибкою для визначення класу точності використовують *відносну похибку*, тобто похибку чутливості приладу:

$$\delta_x = \Delta_x / x. \quad (9.5)$$

Відповідно клас точності такого засобу вимірювання позначають числом у кружечку, наприклад $\textcircled{0.5}$. У такий спосіб нормують похибки інтегральних приладів (наприклад, лічильників електричної енергії), масштабних перетворювачів (подільників навантаження, шунтів, вимірювальних трансформаторів напруги та струму).

Абсолютну похибку вимірювання обчислюють за формулою:

$$\Delta_x = k \cdot x / 100. \quad (9.6)$$

Клас точності цифрових засобів вимірювань позначають двома числами, які записують через похилу риску, наприклад: 0,02/0,01. Тут перше число відповідає зведеній похибці наприкінці діапазону вимірювання (k_k), а друге – на початку (k_n).

Тоді межа допустимої відносної похибки δ_x , %, буде такою:

$$\delta_x = [k_k + k_n (x_k / x - 1)], \quad (9.7)$$

де x_k – кінцеве значення діапазону вимірювання.

Абсолютна похибка вимірювання буде визначатися так:

$$\Delta_x = \delta_x \cdot x/100, \quad (9.8)$$

де δ_x – відносна похибка засобу вимірювання, %.

Для засобів вимірювальної техніки, що застосовують в акустиці, електроніці, відліковий пристрій яких проградуєвано в децибелах, клас точності позначають у тих самих одиницях. Наприклад: Кл. 0,5 дБ.

У деяких випадках клас точності нормують за значенням абсолютної похибки, причому клас точності позначають порядковими цифрами, які не пов'язані з розміром похибок (наприклад, абсолютна похибка штрихової міри класу точності 1 не більша ніж $\pm 0,05$ мм незалежно від довжини цієї міри).

Правила заокруглення значень похибки та результатів вимірювання

У розрахунках значення похибок, особливо із застосуванням калькуляторів, значення похибок отримують, як правило, з великим числом розрядів. Використовуються такі правила заокруглення значення похибок та отриманого експериментального результату вимірювання.

1. Похибка результату вимірювання позначається двома значущими цифрами, якщо перша з них дорівнює 1 або 2, й одною значущою цифрою, якщо перша цифра є 3 і більше.

2. Результат вимірювання заокруглюється до того ж десятичного розряду, яким закінчується заокруглене значення абсолютної похибки.

3. Заокруглення проводиться тільки в остаточній відповіді, всі попередні розрахунки виконуються з одним-двома зайвими розрядами.

Приклад 9.1. Показуючий вольтметр має шкалу, яка відградуєвана в діапазоні 0...30 В; позначення класу точності на шкалі: 2,5. Обчислити абсолютну похибку вольтметра.

Розв'язання: $\Delta_x = k \cdot N/100 = (2,5 \cdot 30)/100 = 0,75 \approx 0,8$ В.

Приклад 9.2. Позначення класу точності k на шкалі омметра: 1,5; шкалу відградуєвано в діапазоні 0... ∞ кОм; довжина шкали $L = 100$ мм; відстань між поділками шкали біля значення вимірюваного опору $l_x = 5$ мм; різниця відліків за цими поділками $R_x = 0,005$ кОм. Обчислити похибку результату вимірювання.

Розв'язання: Чутливість омметра у точці відліку

$$S_x = I_x / R_x = 5 / 0,005 = 100 \text{ мА} / \text{кОм}.$$

Абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_R = k \cdot L / 100 \cdot S_x = (1,5 \cdot 100) / (100 \cdot 100) = 0,015 \text{ кОм}.$$

Приклад 9.3. Лічильник електричної енергії має клас точності 1,0. Обчислити похибку, яку він може допустити при відліку 100 кВт·год.

Розв'язання: $\Delta_x = (k/100) \cdot 100 = \pm 1 \text{ кВт}.$

Приклад 9.4. Цифровий вольтметр класу точності 0,02 / 0,01 з верхнім діапазоном вимірювання $U_k = 99,99 \text{ В}$ вимірює напругу $U_v = 75 \text{ В}$. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Розв'язання: Межа допустимої відносної похибки

$$\delta_x = [0,02 + 0,01(99,99/75 - 1)] = 0,023332\%.$$

Абсолютна похибка вимірювання

$$\Delta_x = (0,023332 \cdot 75) / 100 = 0,017499 \approx 0,02 \text{ В}.$$

Приклад 9.5. Вольтметром класу 2,5 із межею вимірювань 300 В отриманий відлік вимірюваної напруги $x = 267,5 \text{ В}$.

Розв'язання: Розрахунок похибки краще виконувати у такому порядку: спочатку знайти абсолютну похибку, а потім – відносну. Абсолютна похибка дорівнює $300 \cdot 2,5 / 100 = 7,5 \text{ В} \approx 8 \text{ В}$. Відносна похибка дорівнює $7,5 \cdot 100 / 267,5 = 2,81 \% \approx 2,8 \%.$

Оскільки перша значуща цифра абсолютної похибки (7,5 В) є більше за 3, то це значення повинно бути заокруглене до 8, але у значенні відносної похибки треба утримати два десяткових розряди, тобто 2,8 %. Отримане значення $x = 267,5$ повинно бути заокруглене до того ж десяткового розряду, яким закінчується заокруглене значення абсолютної похибки, тобто цілих одиниць вольт.

Отже, остаточний результат треба подати у такому вигляді: «Вимірювання виконане з відотною похибкою 2,8 %. Виміряна напруга $x = (268 \pm 8) \text{ В}$ ». Тому краще записати: « $x = 260 \div 276 \text{ В}$ » або « $260 < x < 276 \text{ В}$ ». Останній запис є більш наочним.

Завдання 9

Варіант 1. Під час перевірки вольтметра класу точності $k_v = 1,5$ із кінцевим значенням шкали $U_{vk} = 50$ В у точках шкали 10, 29, 30, 40, 50 В отримано відповідно такі показники зразкового приладу: 9,5; 20,3; 30,5; 40,9; 40,4. З'ясувати, чи зберігся клас точності вольтметра.

Варіант 2. Який має бути клас точності k_m манометра з кінцевим значенням шкали $U_{Mн} = 100$ кПа для вимірювання тиску в інтервалі $P_M \dots P_{Mн}$ з відносною похибкою не більш як $\delta = 0,5$ %? Значення $P_M = 40$ кПа.

Варіант 3. Прилад має шкалу від 0 до 300 В. Його клас точності $k_v = 1,5$. За одноразового прямого вимірювання показник приладу становить 202,5 В. Запишіть результат одноразового вимірювання.

Варіант 4. Який має бути клас точності амперметра k_A з кінцевим значенням шкали $I_k = 100$ μ А для вимірювання амперметра в інтервалі $I_A \dots I_k$ із відносною похибкою не більш як $\delta = 1,5$ %? Значення $I_A = 20$ μ А.

Варіант 5. Амперметр має шкалу відградувану в діапазоні від 0 до 100 мА, позначення класу точності на шкалі 1,5. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Варіант 6. Звіт за рівномірною шкалою приладу з нульовою відміткою і граничним значенням 50 мА склав 25 мА. Нехтуючи іншими видами похибок, оцінити межі припустимої абсолютної похибки цього звіту за умови, що клас точності приладу дорівнює 0,02 / 0,01.

Варіант 7. Позначення класу точності K на шкалі омметра $\overset{0,5}{\checkmark}$; шкалу відградувано в діапазоні від 0 до ∞ кОм; довжина шкали $L = 100$ мм; відстань між поділками шкали біля значення вимірюваного опору $l_x = 5$ мм; різниця відліків за цими поділками $R_x = 0,05$ кОм. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Варіант 8. Цифровий вольтметр класу точності 0,05 / 0,01 вимірює напругу $U_v = 50$ В на межі $U_k = 100$ В. Обчислити абсолютну похибку вимірювання.

Варіант 9. Лічильник електричної енергії має клас точності $\overset{0,5}{\circ}$. Обчислити похибку, яку він може допустити протягом відліку 100 кВт·год.

Варіант 10. Звіт за рівномірною шкалою приладу з нульовою відміткою і граничним значенням 50 мА склав 25 мА. Нехтуючи іншими видами похибок, оцінити межі припустимої абсолютної похибки цього звіту за умови, що клас точності приладу дорівнює: 0,02 / 0,01; $\overset{0,5}{\circ}$; 0,5.

ТЕМА 10. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРЯМИХ І НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

У **прямих вимірюваннях** значення вимірюваної величини безпосередньо відлічується за шкалою вимірювального приладу.

У **непрямих вимірюваннях** вимірювана величина визначається через розрахунок за прямими вимірюваннями інших фізичних величин.

10.1. Обробка результатів прямих вимірювань

1. Результати кожного вимірювання x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, заносять у таблицю. Якщо деякі результати вимірювань суттєво відрізняються від основної маси результатів вимірювань, то їх треба відкинути як грубі помилки або промахи.

2. Обчислюємо середнє значення виміряних величин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Результат заносимо у таблицю.

3. Знаходимо похибку окремого вимірювання:

$$\Delta x_i = |\bar{x} - x_i|, i = \overline{1, n}.$$

Результат заносимо у таблицю.

4. Знаходимо квадрат похибки кожного вимірювання:

$$(\Delta x_i)^2 = |\bar{x} - x_i|^2, i = \overline{1, n}.$$

Результат заносимо у таблицю.

5. Знаходимо середню квадратичну похибку одного вимірювання (дисперсію):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}}.$$

Після обчислень \bar{x} та σ переглядаємо таблицю значень Δx_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Якщо серед них знайдуться такі, модуль яких перевищує 3σ , то треба відкинути (як грубі помилки або промахи) відповідні їм x_i й перерахувати знову \bar{x} та σ . Значення n та σ будуть, зрозуміло, меншими, ніж раніше.

6. Знаходимо середню квадратичну похибку середнього арифметичного:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n(n-1)}}.$$

Результат заносимо у таблицю.

7. Задаємося значенням надійності (довірчої ймовірності) α , з таблиці визначаємо коефіцієнт Стьюдента $t_{\alpha n}$.

8. Обчислюємо випадкову похибку:

$$\Delta x_{\text{вип}} = S_{\bar{x}} t_{\alpha n}.$$

9. Знаходимо приладову (інструментальну) похибку використаного вимірювального приладу (інструмента) $\Delta x_{\text{прил}}$.

10. Знаходимо похибку вимірювань:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{прил}}^2 + \Delta x_{\text{вип}}^2}.$$

11. Результат заокруглюємо й записуємо як

$$A = \bar{x} \pm \Delta x, \text{ з надійністю } \alpha,$$

або як $\bar{x} - \Delta x < A < \bar{x} + \Delta x$, з надійністю α .

Про похибки розрахунків під час обробки результатів непрямих вимірювань

При непрямому вимірюванні вимірювана фізична величина визначається з результатів прямих вимірювань інших величин, зв'язаних із вимірюваною величиною деякою функціональною залежністю. У цьому випадку крім похибок вимірювання у результат може бути внесено похибку, обумовлену неналежною точністю обробки числових даних прямих вимірювань. Тому не можна проводити розрахунки занадто грубо.

З іншого боку, розрахунки з великою кількістю десяткових знаків вимагають зайвої роботи й створюють враження про велику точність вимірювань. Тому під час обробки результатів непрямих вимірювань треба дотримуватися таких правил.

1. Похибка, що виникає в результаті розрахунків, повинна бути на порядок (тобто у 10 разів) меншою за сумарну похибку вимірювань.

2. Значення математичних ірраціональних величин (π , $\sqrt{2}$, e тощо) беруть завжди з таким числом значущих цифр, аби похибка, що вноситься ними, була значно меншою за ту, що вноситься іншими величинами.

3. Похибки табличних величин звичайно зазначаються. Якщо їх не зазначено, то треба вважати, що вони не перевищують однієї одиниці останнього зазначеного розряду цієї величини.

10.2. Обробка результатів непрямих вимірювань

1. Записуємо робочу формулу для необхідної величини. Диференціюванням знаходимо літерний вираз для похибки необхідної величини.

2. Виконуємо розрахунок усіх величин та похибок, що входять у робочу формулу. Результати заносимо у таблицю.

3. Для кожного вимірювання згідно з робочою формулою розраховуємо значення потрібної фізичної величини. Результати заносяться у таблицю. Після цього повторюються операції, зазначені у розділі «Обробка результатів прямих вимірювань», починаючи з п. 2.

4. Обчислюємо середнє значення виміряних величин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

Результат заносимо у таблицю.

5. Знаходимо похибку окремого вимірювання:

$$\Delta x_i = |\bar{x} - x_i|, i = \overline{1, n}.$$

Результат заносимо у таблицю.

6. Знаходимо квадрат похибки кожного вимірювання:

$$(\Delta x_i)^2 = |\bar{x} - x_i|^2, i = \overline{1, n}.$$

Результат заносимо у таблицю.

7. Знаходимо середню квадратичну похибку одного вимірювання (дисперсію):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}}.$$

Після обчислень \bar{x} та σ переглядаємо таблицю значень Δx_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Якщо серед них знайдуться такі, модуль яких перевищує 3σ , то треба від-

кинути (як грубі помилки або промахи) відповідні їм x_i й перерахувати знову \bar{x} та σ . Значення n та σ будуть, зрозуміло, меншими, ніж раніше.

8. Знаходимо середню квадратичну похибку середнього арифметичного:

$$S_{n\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n(n-1)}}.$$

Результат заносимо у таблицю.

9. Задаємося значенням надійності (довірчої ймовірності) α , з таблиці визначаємо коефіцієнт Стюдента $t_{\alpha n}$.

10. Обчислюємо випадкову похибку:

$$\Delta x_{\text{вип}} = S_{n\bar{x}} t_{\alpha n}.$$

11. Знаходимо приладову (інструментальну) похибку використаного вимірювального приладу (інструмента) $\Delta x_{\text{прил}}$.

12. Знаходимо похибку вимірювань:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{прил}}^2 + \Delta x_{\text{вип}}^2}.$$

13. Результат заокруглюємо й записуємо як

$$A = \bar{x} \pm \Delta x, \text{ з надійністю } \alpha,$$

або як $\bar{x} - \Delta x < A < \bar{x} + \Delta x$, з надійністю α .

Похибки вимірювань, як правило, є малі порівняно з вимірюваними величинами. Тому для їхнього розрахунку можна користуватися диференціальним обчисленням. Це значно спрощує розрахунок похибок при складних функціональних залежностях вимірюваних та спостережуваних величин.

Нехай величина N не може бути безпосередньо виміряна. Замість неї може бути безпосередньо виміряна інша величина x , що зв'язана з N відомою функціональною залежністю

$$N = f(x).$$

Нехай абсолютна похибка вимірювання величини x є $\pm dx$. Ця похибка викличе похибку dN у шуканій величині N . Остання визначиться залежністю

$$dN = \pm dx \frac{df(x)}{dx}. \quad (10.1)$$

Відносна похибка вимірювання:

$$E = \pm \frac{dN}{N} = \pm \frac{dx}{f(x)} \frac{df(x)}{dx} = \pm \frac{d \ln f(x)}{dx} dx = \pm \frac{f'(x)}{f(x)} dx. \quad (10.2)$$

Якщо величина N є функцією декількох незалежно вимірюваних змінних

$$N = f(x, y, z, \dots),$$

то середня квадратична похибка визначення N задається формулою

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \sigma_x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \sigma_y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \sigma_z\right)^2 + \dots},$$

де $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \dots$ – середні квадратичні похибки вимірювань величин x, y, z, \dots ; $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}, \dots$ – частинні похідні. Максимальна похибка при цьому

$$\Delta N_{\max} = \left| \frac{\partial f}{\partial x} dx \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} dy \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial z} dz \right| + \dots$$

Зазначимо, що частинні похідні беруться у точках $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$. Наведемо деякі приклади функцій та похибок.

1. Для функції $y = x^n$ абсолютна похибка Δy дорівнює $\pm n x^{n-1} \Delta x$, а відносна $\Delta y / y = \pm n \Delta x / x$.

2. Для функції $y = \sqrt[n]{x} = x^{\frac{1}{n}}$ абсолютна та відносна похибки визначаються за формулами, наведеними вище, якщо в них замінити n на $1/n$.

3. Для функції $y = \sin x$ абсолютна похибка дорівнює $\pm \Delta x \cdot \cos x$, а відносна дорівнює $\pm \Delta x \operatorname{ctg} x$.

4. Для функції $y = \cos x$ абсолютна похибка дорівнює $\pm \Delta x \cdot \sin x$, а відносна дорівнює $\pm \Delta x \operatorname{tg} x$.

5. Для функції $y = \operatorname{tg} x$ абсолютна похибка дорівнює $\pm \Delta x / \cos^2 x$, а відносна дорівнює $\pm 2 \Delta x / \sin 2x$.

6. Для функції $y = \operatorname{ctg} x$ абсолютна похибка дорівнює $\pm 2 \Delta x / \sin^2 x$, а відносна дорівнює $\pm 2 \Delta x / \sin 2x$.

У практиці вимірювань широко використовують **два способи розрахунку похибки непрямих вимірювань**. Обидва способи дають практично однаковий результат.

Спосіб 1

Спочатку знаходиться абсолютна Δ , а потім відносна δ похибки. Цей спосіб рекомендується для таких рівнянь вимірювання, які містять суми і різниці аргументів. Загальна формула для розрахунку абсолютної похибки при непрямим вимірюваннях фізичної величини Y для довільного вигляду f функції:

$$\Delta_x = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial X_1}\right)^2 \Delta_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial X_2}\right)^2 \Delta_{x_2}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial X_n}\right)^2 \Delta_{x_n}^2},$$

де $\frac{\partial f}{\partial X_j}$ – частинні похідні функції $f(X_1, \dots, X_n)$ за аргументом X_j ; ΔX_j – загальна похибка прямих вимірювань величини X_j .

Для знаходження відносної похибки потрібно перш за все знайти середнє значення величини Y . Для цього в рівняння вимірювання треба підставити середні арифметичні значення величин X_j . Тобто середнє значення величини Y дорівнює $\bar{Y} = f(\bar{X}_1, \dots, \bar{X}_n)$, тепер легко знайти відносну похибку: $\delta_x = \Delta_x / \bar{Y}$.

Приклад 10.1. Знайти похибку вимірювання об'єму V циліндра. Висоту h і діаметр D циліндра вважати за визначені шляхом прямих вимірювань, причому кількість вимірювань $n = 10$.

Розв'язання: Формула для розрахунку об'єму циліндра, тобто рівняння вимірювання, має вигляд:

$$\bar{V} = f(\bar{D}, \bar{h}, \pi) = \frac{1}{4} \pi \bar{D}^2 \bar{h}.$$

Нехай $\bar{h} = 25,3$ мм, $\Delta_h = 0,2$ мм, при $P = 0,68$;

$\bar{D} = 1,54$ мм, $\Delta_D = 0,15$ мм, при $P = 0,68$;

$\pi = 3,14$, $\Delta\pi = 0,005$ – похибка округлення числа π .

Тоді, після підстановки середніх значень, знаходимо:

$$\begin{aligned} \Delta_V &= \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial D}\right)^2 \Delta_D^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial h}\right)^2 \Delta_h^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial \pi}\right)^2 \Delta_\pi^2} = \sqrt{\left(\frac{2\pi D h}{4}\right)^2 \Delta_D^2 + \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)^2 \Delta_h^2 + \left(\frac{D^2 h}{4}\right)^2 \Delta_\pi^2} = \\ &= \sqrt{3746 \cdot 0,0225 + 3,47 \cdot 0,04 + 225 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{84,3 + 0,139 + 0,006} = 9,18 \text{ мм}^3. \\ \Delta_V &= 9,18 \text{ мм}^3. \end{aligned}$$

Похибка Δ_V у даному прикладі залежить, як видно, в основному від похибки вимірювання діаметра.

$$\text{Середній об'єм } \bar{V} \text{ дорівнює } \bar{V} = \frac{1}{4} \pi \bar{D}^2 \bar{h} = 47,1 \text{ мм}^3.$$

Відносна похибка δ_V дорівнює: $\delta_V = \Delta_V / \bar{V} = 9,18 / 47,1 = 0,19$, або $\delta_V = 19 \%$.

Остаточний результат після округлення: $V = (47 \pm 9) \text{ мм}^3$, $\delta_V = 19 \%$, $P = 0,68$.

Спосіб 2

Цей спосіб визначення похибки непрямих вимірювань відрізняється від першого способу меншими математичними труднощами, тому його частіше використовують. На початку знаходять відносну похибку δ , і тільки тоді абсолютну Δ . Особливо зручний цей спосіб, якщо рівняння вимірювання містить тільки *добутки і відношення аргументів*. Порядок дій можна розглянути на тому ж конкретному прикладі – визначенні похибки при вимірюванні об'єму циліндра:

$$\bar{V} = \frac{1}{4} \pi \bar{D}^2 \bar{h}.$$

Усі числові значення вхідних у формулу величин збережемо тими ж, що і при розрахунках за **способом 1**.

Нехай $\bar{h} = 25,3 \text{ мм}$, $\Delta_h = 0,2 \text{ мм}$, при $P = 0,68$;

$\bar{D} = 1,54 \text{ мм}$, $\Delta_D = 0,15 \text{ мм}$, при $P = 0,68$;

$\pi = 3,14$, $\Delta\pi = 0,005$ – похибка округлення числа π .

При використанні **способу 2** слід діяти так:

1) прологарифмувати рівняння вимірювання (логарифм беремо натуральний):

$$\ln \bar{V} = \ln \left(\frac{1}{4} \pi \bar{D}^2 \bar{h} \right) = \ln \pi + 2 \ln \bar{D} + \ln \bar{h} - \ln 4.$$

Знайти диференціали від лівої та правої частин, урахувавши π, \bar{D}, \bar{h} незалежними змінними,

$$\frac{dV}{\bar{V}} = \frac{d\pi}{\pi} + 2 \frac{dD}{\bar{D}} + \frac{dh}{\bar{h}};$$

2) замінити диференціал кожної величини на абсолютну похибку цієї ж величини, а знаки «мінус», якщо вони є перед похибками, на «плюс»:

$$\frac{\Delta_V}{V} = \frac{\Delta_\pi}{\pi} + 2\frac{\Delta_D}{D} + \frac{\Delta_h}{h}.$$

Здавалося б, що за допомогою цієї формули вже можна дати оцінку для відносної похибки, проте це не так. Потрібно так оцінити похибку, щоб довірча ймовірність цієї оцінки збігалася з довірчою ймовірністю оцінки похибок тих членів, які стоять у правій частині формули. Для того, щоб ця умова виконувалася, потрібно всі члени останньої формули звести в квадрат:

$$\left(\frac{\Delta_V}{V}\right)^2 = \left(\frac{\Delta_\pi}{\pi}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_h}{h}\right)^2.$$

Тепер можна обчислити відносну похибку, витягуючи корінь квадратний з обох частин рівняння:

$$\left(\frac{\Delta_V}{V}\right) = \sqrt{\left(\frac{\Delta_\pi}{\pi}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_h}{h}\right)^2}.$$

В інших позначеннях відносна похибка об'єму дорівнює

$$\delta_V = \sqrt{\delta_\pi^2 + (2\delta_D)^2 + \delta_h^2}.$$

Причому ймовірність цієї оцінки похибки об'єму збігатиметься з ймовірністю оцінки похибок, що входять в підкорінний вираз членів:

$$P_V = P_D = P_h.$$

Зробивши обчислення, переконаємося, що результат збігається з оцінкою за **способом 1**:

$$\frac{\Delta_V}{V} = \sqrt{2,5 \cdot 10^{-6} + 3,8 \cdot 10^{-2} + 6,2 \cdot 10^{-5}} = 0,19.$$

Тепер, знаючи відносну похибку, знаходимо абсолютну:

$$\Delta_V = 0,19 \cdot 47 = 9,4 \text{ мм}^3, P = 0,68.$$

Остаточний результат після округлення має вигляд:

$$V = (47 \pm 9) \text{ мм}^3, \delta_V = 19 \%, P = 0,68.$$

Завдання 10

Дано результати прямих вимірів деяких фізичних величин і рівняння їх зв'язку з іншою фізичною величиною (табл. 10.1). Знайти значення цієї величини і оцінити його похибку. Похибку непрямих вимірів визначити двома способами.

Таблиця 10.1 – Вихідні дані до завдання 10

<p>Варіант 1</p> $a = (2,3 \pm 0,2) \text{ м/с}^2; t = (2,31 \pm 0,05) \text{ с}$ $S = \frac{at^2}{2}$	<p>Варіант 2</p> $I_0 = (120 \pm 10) \text{ Вт/м}^2; \varphi = (25 \pm 1)^\circ$ $I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$
<p>Варіант 3</p> $R_1 = (23 \pm 5) \text{ Ом}; R_2 = (12 \pm 3) \text{ Ом}$ $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	<p>Варіант 4</p> $L = (10 \pm 1) \text{ мГ}; C = (100 \pm 20) \text{ пФ}$ $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
<p>Варіант 5</p> $m = (12 \pm 3) \text{ кг}; v = (52,31 \pm 0,05) \text{ Гц};$ $R = (201 \pm 5) \text{ мм}$ $F = m \cdot (2\pi v)^2 R$	<p>Варіант 6</p> $F = (12 \pm 3) \text{ кН}; v = (231 \pm 0,05) \text{ м/с};$ $R = (201 \pm 5) \text{ мм}$ $m = \frac{F \cdot R}{v^2}$
<p>Варіант 7</p> $R = 8,3144 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}; T = (301 \pm 5) \text{ К};$ $V_1 = (50 \pm 1) \text{ л}; V_2 = (10 \pm 1) \text{ л}$ $A = R \cdot T \cdot \ln(V_1/V_2)$	<p>Варіант 8</p> $p_2 = (23 \pm 5) \text{ Ом}; V_1 = (8,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$ $V_2 = (9,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \gamma = 1,4 \pm 0,2$ $p_1 = p_2 \cdot (V_1/V_2)^\gamma$
<p>Варіант 9</p> $L = (10 \pm 1) \text{ мГ}; C = (100 \pm 20) \text{ пФ};$ $U = (1,2 \pm 0,5) \text{ В}$ $I = U \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$	<p>Варіант 10</p> $m = (34 \pm 8) \text{ кг}; v = (32,31 \pm 0,05) \text{ с}^{-1};$ $R = (0,201 \pm 0,005) \text{ м}$ $F = m \cdot (2\pi v)^2 R$

ТЕМА 11. СУТНІСТЬ ЯКОСТІ Й ОЦІНКА ЯКОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Якістю називається сукупність характерних властивостей, форми, зовнішнього вигляду й умов застосування, якими повинні бути наділені товари для відповідності своєму призначенню.

Якість – це сукупність характеристик об'єкта, що задовольняють потребам споживачів.

Кваліметрія – це наукова область і навчальна дисципліна про методи кількісного оцінювання якості різних об'єктів.

Чисельні оцінки якості та окремих властивостей об'єктів використовуються при обґрунтуванні й прийнятті управлінських рішень для наступного забезпечення й поліпшення сутності предметів або явищ, а також для управління видами діяльності, що пов'язані з менеджментом якості.

Висока якість продукції й послуг – це найвагоміша складова, яка визначає їх конкурентоспроможність.

Оцінка якості технічної продукції здійснюється за двома показниками:

- за найважливішим показником:

$$Y_{\text{я}} = \frac{P_{\text{оц}}}{P_{\text{баз}}}, \quad (11.1)$$

де $Y_{\text{я}}$ – рівень якості, $P_{\text{оц}}$ – оціночне значення показника, $P_{\text{баз}}$ – базове значення показника;

- за узагальненим показником (кілька показників властивостей мають функціональну залежність):

$$Q = f(P_i), \quad (11.2)$$

де Q – якість, P_i – узагальнений показник.

$$Y_{\text{я}} = \frac{Q_{\text{оц}}}{Q_{\text{баз}}}. \quad (11.3)$$

Приклад 11.1. Визначити рівень якості автобуса за його річною продуктивністю (узагальненим показником). Вихідні дані наведено в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Оціночні та базові значення показників автобуса

Показники	Позначення	Оцінюваний автобус	Базовий автобус 1	Базовий автобус 2
Середня тривалість знаходження в наряді, год	T_H	10,5	9,8	11,2
Експлуатаційна швидкість автобуса, км/год	V_E	36	42	38
Номінальна місткість автобуса, чол.	r_H	60	52	55
Коефіцієнт використання місткості	γ_B	0,75	0,7	0,68
Коефіцієнт використання пробігу	β_{Π}	0,67	0,65	0,72
Коефіцієнт використання автобуса	α_H	0,54	0,52	0,61

Розв'язання

Рівень якості автобуса має вигляд:

$$Y_{\text{я}} = \frac{W_{\text{п.оц}}}{W_{\text{п.баз}}}, \quad (11.4)$$

де $W_{\text{п.оц}}$, $W_{\text{п.баз}}$ – оціночні та базові значення річної продуктивності автобуса, які визначаються в такий спосіб:

$$W_{\Pi} = T_H \cdot V_E \cdot r_H \cdot \gamma_B \cdot \beta_{\Pi} \cdot 365 \cdot \alpha_H \text{ [чол. км]}. \quad (11.5)$$

Одержимо такі значення рівня якості:

$$Y_{\text{я1}} = 1,21, Y_{\text{я2}} = 0,88.$$

Завдання 11

Для свого варіанта вихідних даних визначити рівень якості автобуса.

Коефіцієнт варіанта k дорівнює

$$k = (100 + N)/100, \quad (11.6)$$

де N – номер студента за списком групи.

Вихідні дані наведено в табл. 11.2.

Таблиця 11.2 – Оціночні та базові значення показників автобуса

Показники	Позначення	Оцінюваний автобус	Базовий автобус 1	Базовий автобус 2
Середня тривалість знаходження в наряді, год	T_H	$10,5 \cdot k$	$9,8 \cdot k$	$11,2 \cdot k$
Експлуатаційна швидкість автобуса, км/год	V_E	36	42	38
Номінальна місткість автобуса, чол.	r_H	60	52	55
Коефіцієнт використання місткості	γ_B	$0,75 \cdot k$	$0,7 \cdot k$	$0,68 \cdot k$
Коефіцієнт використання пробігу	β_H	$0,67 \cdot k$	$0,65 \cdot k$	$0,72 \cdot k$
Коефіцієнт використання автобуса	α_H	$0,54 \cdot k$	$0,52 \cdot k$	$0,61 \cdot k$

ТЕМА 12. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Диференціальний метод оцінки якості продукції здійснюється шляхом порівняння показників окремих властивостей оцінюваного зразка з відповідними показниками базового. При цьому визначають, на скільки відповідає якість оцінюваного виробу якості базового зразка в цілому і які показники властивостей оцінюваного виробу перевищують або не відповідають показникам базового зразка.

Диференціальний метод дозволяє оцінювати технічні вироби за такими категоріями якості як: *перевищує, відповідає, не відповідає* певному рівню якості аналогічних виробів.

Рівень якості технічного виробу за диференціальним методом визначається в такий спосіб:

1) якщо збільшення показників характеризує поліпшення якості продукції, то:

$$Y_i = \frac{P_{i\text{ОЦ}}}{P_{i\text{БАЗ}}}, \quad i = \overline{1, n} \text{ (для одиничного показника);} \quad (12.1)$$

$$Y_i = \frac{Q_{i\text{ОЦ}}}{Q_{i\text{БАЗ}}}, \quad i = \overline{1, n} \text{ (для узагальненого показника).} \quad (12.2)$$

2) якщо збільшення показників характеризує погіршення якості продукції, то:

$$Y_i = \frac{P_{i\text{БАЗ}}}{P_{i\text{ОЦ}}}, \quad i = \overline{1, n} \text{ (для одиничного показника);} \quad (12.3)$$

$$Y_i = \frac{Q_{i\text{БАЗ}}}{Q_{i\text{ОЦ}}}, \quad i = \overline{1, n} \text{ (для узагальненого показника).} \quad (12.4)$$

Для більш точної та більш інформаційної оцінки технічного рівня, характеристик якості виробу будують *діаграму порівняння показників якості (циклограму, «павутину якості»)* (рис. 12.1).

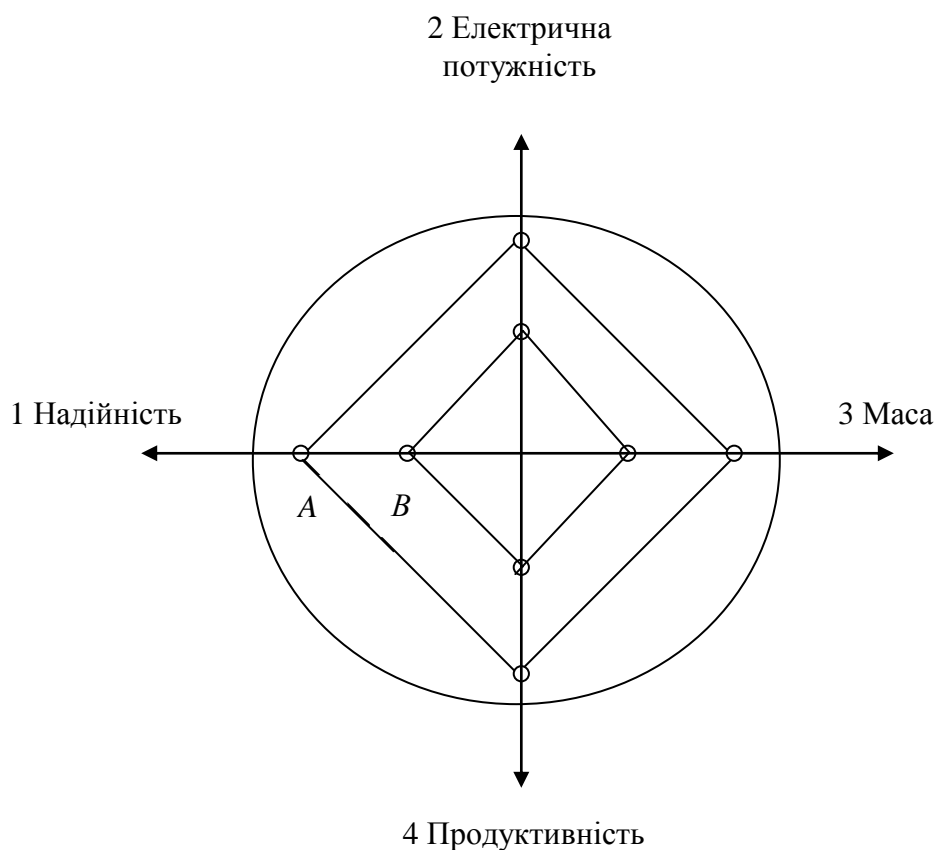


Рисунок 12.1 – «Павутина якості»

Циклограма показує, за яким показником варто приймати управлінські та технічні рішення. Осі 1, 2, 3, 4 називаються кваліметричними шкалами. На рис. 12.1 уведено позначення точок: *A* – показник аналога, *B* – показник оцінюваного виробу.

Приклад 12.1. Оцінити рівень якості трактора Т з двома базовими значеннями показників $T_{1Б}$, $T_{2Б}$ за даними, що наведені в таблиці 12.1. Побудувати циклограму.

Таблиця 12.1 – Оціночні та базові значення показників трактора

Показник	Значення показника			Відхилення показника від аналогічного, %	
	T	T _{1Б}	T _{2Б}	T _{1Б}	T _{2Б}
Номінальна потужність двигуна, кВт	230	240	305	-4,2	-24,5
Швидкість руху при номінальному тяговому зусиллі, м/с	0,53	0,6	0,65	-11,7	-18,5
Напрацювання на відмову, год	150	185	287	-18,2	-47,7
Ресурс до першого капітального ремонту, год	9000	10000	10000	-10	-10
Питома витрата палива, г/кВт·год	250	210	262	-16	4,8
Питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування, чол.·год	0,06	0,06	0,067	0	11,7

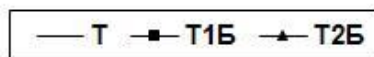
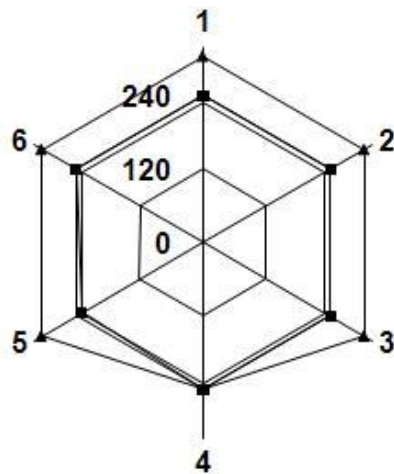


Рисунок 12.2 – Циклограма

Завдання 12

Для свого варіанта вихідних даних оцінити рівень якості трактора. Вихідні дані наведено в табл. 12.2.

Таблиця 12.2 – Оціночні й базові значення показників трактора

Показник	Значення показника			Відхилення показника від аналогічного, %	
	T	T _{1Б}	T _{2Б}	T _{1Б}	T _{2Б}
Номінальна потужність двигуна, кВт	230·k	240	305		
Швидкість руху при номінальному тяговому зусиллі, м/с	0,53·k	0,6	0,65		
Напрацювання на відмову, год	150·k	185	287		
Ресурс до першого капітального ремонту, год	9000·k	10000	10000		
Питома витрата палива, г/кВт·год	250·k	210	262		
Питома сумарна трудомісткість технічного обслуговування, чол.·год	0,06·k	0,06	0,067		

ТЕМА 13. ІНТЕГРАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ РІВНЯ ЯКОСТІ ТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

Інтегральний показник рівня якості оцінюваного виробу знаходять як частку від розподілу значення інтегрального показника властивостей оцінюваного виробу на відповідне базове значення:

$$Y_{\text{ІН}} = \frac{P_{\text{ІНОЦ}}}{P_{\text{ІНБАЗ}}}, \quad (13.1)$$

де $P_{\text{ІНОЦ}}$ – інтегральний показник, що характеризує у найбільш загальній формі ефективність роботи виробу.

Інтегральний показник – це показник, за яким дається загальна оцінка рівня якості досліджуваної продукції.

Інтегральний показник рівня якості $Y_{\text{ІН}}$ приймають для розрахунку тоді, коли відомі сумарний корисний ефект від експлуатації й сумарні витрати на створення й експлуатацію виробу. Це комплексний показник у вигляді відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації до сумарних витрат на його створення, придбання, монтаж у споживача, налагодження і т.п.

Інтегральний показник $P_{\text{ІН}}$ визначається в такий спосіб.

1. Якщо термін служби виробу становить менше одного року $t < 1$, то,

$$\left[\frac{\text{корисний ефект}}{1 \text{ грн витрат}} \right], \quad P_{\text{ІН}} = \frac{W}{K_{\text{С}} + B_{\text{Е}}}, \quad (13.2)$$

де W – корисний ефект, кількість одиниць продукції або роботи, що виконується виробом за весь термін його експлуатації; $K_{\text{С}}$ – сумарні капіталовкладення, що включають оптову ціну виробу, витрати на транспортування, монтаж і налагодження (ТМН) та ін.; $B_{\text{Е}}$ – експлуатаційні витрати за весь термін служби виробу.

2. Якщо термін служби виробу становить більше одного року $t > 1$,

$$P_{\text{ІН}} = \frac{W}{K_{\text{С}} \cdot \varphi(t) + B_{\text{Е}}}, \quad (13.3)$$

де $\varphi(t)$ – поправковий коефіцієнт, що дорівнює:

$$\varphi(t) = \frac{E_H(1 + E_H)^{t-1}}{(1 + E_H)^t - 1}. \quad (13.4)$$

Тут E_H – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень, що звичайно приймається рівним 0,15.

Приклад 13.1. Визначити інтегральний техніко-економічний показник рівня якості поліпшеної моделі металорізального верстата, порівнявши його з базовою моделлю. Вихідні дані наведено в табл. 13.1.

Таблиця 13.1 – Оціночні та базові значення показників металорізального верстата

№ п/п	Показник	Значення показника	
		Оцінюва- ний верстат	Базовий верстат
1.	Річна продуктивність при безвідмовній роботі $P_{р\dot{т}ч}$, тис. деталей	15	20
2.	Час простоїв через відмови $t_{прост}$, %	4	6
3.	Вартість верстата, тис. грн, $[K_C]$	150	50
4.	Витрати на ТМН, % від вартості верстата $[K_C]$	5 %	10 %
5.	Річні витрати на ремонт, тис. грн	2	4
6.	Інші річні експлуатаційні витрати, тис. грн	35	40
7.	Термін служби t , років	6	4

Розв’язання:

1. Інтегральний техніко-економічний показник рівня якості поліпшеної моделі металорізального верстата визначається за формулою (13.1).

2. Інтегральні показники P_{IH} базового й оцінюваного верстатів відповідно до виразу (13.3) мають вигляд:

$$P_{IH\text{БАЗ}} = \frac{W}{K_C \cdot \varphi(t) + B_E}, \quad (13.5)$$

$$P_{\text{ИНОЦ}} = \frac{W}{K_C \cdot \varphi(t) + B_E}. \quad (13.6)$$

3. Поправкові коефіцієнти $\varphi(t)$ базового та оцінюваного верстатів визначаються за формулою (13.4) і дорівнюють: $\varphi_{\text{ОЦ}} = 0,23$; $\varphi_{\text{БАЗ}} = 0,305$.

4. Сумарні капіталовкладення K_C визначаються як $K_C = \text{п. 3} + \text{п. 4}$ (табл. 13.1).

$$K_{C \text{ ОЦ}} = 157,5 \text{ грн}; K_{C \text{ БАЗ}} = 55 \text{ грн.}$$

5. Експлуатаційні витрати за весь термін служби B_E мають вигляд $B_E = \text{п. 5} + \text{п. 6}$ (табл. 13.1). $B_{E \text{ ОЦ}} = 37$ грн; $B_{E \text{ БАЗ}} = 44$ грн.

6. Річний корисний ефект від експлуатації з урахуванням простоїв W , шт. деталей, для оцінюваного й базового верстатів визначається як

$$W = \text{ПРІЧ} \cdot (1 - t_{\text{прост}}), \text{ (шт. деталей)}. \quad (13.7)$$

$$W_{\text{ОЦ}} = 14,4 \text{ шт}; W_{\text{БАЗ}} = 18,8 \text{ шт.}$$

Тоді інтегральні показники базового й оцінюваного верстатів за формулами (13.5), (13.6) дорівнюють:

$$P_{\text{ИН БАЗ}} = 0,309 \text{ (1/грн)}; P_{\text{ИН ОЦ}} = 0,197 \text{ (1/грн)}.$$

Інтегральний техніко-економічний показник рівня якості дорівнює $Y_{\text{ИН}} = 0,636$.

Таким чином, за результатами розв'язання завдання можна зробити висновок: верстат поліпшеної модифікації має більш високі експлуатаційні характеристики, але більш дорогий, і тому за сукупністю властивостей, тобто за якістю, поступається базовому верстату.

Завдання 13

Для свого варіанта вихідних даних визначити інтегральний техніко-економічний показник рівня якості поліпшеної моделі металорізального верстата. Вихідні дані наведено в табл. 13.2.

Таблиця 13.2 – Оціночні та базові значення показників металорізального верстата

№ п/п	Показник	Значення показника	
		Оцінюва- ний верстат	Базовий верстат
1.	Річна продуктивність при безвідмовній роботі $P_{р\dot{ч}}$, тис. деталей	$15 \cdot k$	20
2.	Час простоїв через відмови $t_{прост}$, %	$4 \cdot k$	6
3.	Вартість верстата, тис. грн, [К _с]	$150 \cdot k$	50
4.	Витрати на ТМН, % від вартості верстата [К _с]	$5 \% \cdot k$	10 %
5.	Річні витрати на ремонт, тис. грн	$2 \cdot k$	4
6.	Інші річні експлуатаційні витрати, тис. грн	$35 \cdot k$	40
7.	Термін служби t , років		4

Примітка. Для варіанта 1 термін служби оцінюваного верстата становить $t = 8$ років, $2 - t = 10$ років, $3 - t = 11$ років, $4 - t = 12$ років, $5 - t = 13$ років, $6 - t = 14$ років, $7 - t = 15$ років, $8 - t = 16$ років, $9 - t = 17$ років, $10 - t = 18$ років.

ТЕМА 14. РОЗРАХУНКИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВИРОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕГРАЛЬНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

В умовах ринку задоволеність конкретного споживача сукупністю пропонованих йому властивостей у товарі знаходить вираження в акті купівлі-продажу. Такий збіг властивостей, характеристик товару і вимог споживача, при якому дотримуються інтереси виробника і споживача, що означає повну відповідність товару умовам ринку, називається його *конкурентоспроможністю*.

Конкурентоспроможність продукції визначається комплексом споживчих (якісних і кількісних) характеристик, що задовольняють особливі умови ринку.

Інтегральний показник конкурентоспроможності має вигляд

$$Q_{\text{ІНТ}} = \frac{Q_{\text{Т.Р}}}{Q_{\text{Е}}}, \quad (14.1)$$

де $Q_{\text{Т.Р}}$ – інтегральний показник технічного рівня виробу; $Q_{\text{Е}}$ – інтегральний показник за економічними параметрами, які визначаються співвідношеннями:

$$Q_{\text{Т.Р}} = \frac{Q_{\text{Т.Р ОЦ}}}{Q_{\text{Т.Р БАЗ}}}; \quad (14.2)$$

$$Q_{\text{Е}} = \frac{Ц_{\text{ОЦ}}^{\text{СПОЖ}}}{Ц_{\text{БАЗ}}^{\text{СПОЖ}}}. \quad (14.3)$$

Приклад 14.1. Із реалізованих на ринку аналогічних електричних машин вибрати найбільш конкурентоспроможну при незмінних річних витратах на ремонт і обслуговування (табл. 14.1).

Таблиця 14.1 – Оціночні та базові значення показників електричних машин

№ п/п	Показник	Оцінюваний (новий) виріб		Базовий виріб
		№1	№2	
1	Ринкова ціна Ц, грн	2200	3700	2000
2	ККД, η	0,88	0,91	0,8
3	Нормативний термін служби T, років	20	20	20
4	Річний фонд робочого часу, Ф _{рч}	4000	4000	4000
5	Річні витрати на ремонт і обслуговування, грн	155	130	110
6	Ціна електроенергії Ц _Е , грн/кВт·год	0,156	0,156	0,156
7	Потужність електричних машин P, кВт	25	25	25

Розв'язання

1. Інтегральні показники технічного рівня електричних машин згідно з (14.2) мають вигляд: $Q_{Т.Р1} = \frac{\eta_1}{\eta_{БАЗ}} = 1,1$; $Q_{Т.Р2} = \frac{\eta_2}{\eta_{БАЗ}} = 1,138$.

2. Експлуатаційні витрати за термін служби визначаються співвідношеннями:

$$V_{ЕБ} = V_{Е/ЕБ} + V_{РБ} = T \left(\Phi_{Рч} \frac{P_B}{\eta_B} Ц_E + V_{РБ} \right) = 392200 \text{ грн};$$

$$V_{Е1} = V_{Е/Е1} + V_{Р1} = T \left(\Phi_{Рч} \frac{P_1}{\eta_1} Ц_E + V_{Р1} \right) = 357648 \text{ грн};$$

$$V_{Е2} = V_{Е/Е2} + V_{Р2} = T \left(\Phi_{Рч} \frac{P_2}{\eta_2} Ц_E + V_{Р2} \right) = 345457 \text{ грн}.$$

3. Ціна споживання має вигляд:

$$Ц_B^{СПОЖ} = Ц_B + V_{ЕБ} = 394200 \text{ грн};$$

$$Ц_1^{СПОЖ} = Ц_1 + V_{Е1} = 359848 \text{ грн};$$

$$Ц_2^{СПОЖ} = Ц_2 + V_{Е2} = 349157 \text{ грн}.$$

4. Економічний інтегральний показник відповідно до формули (14.3) визначається як

$$(\max) Q_{E1} = \frac{\Pi_1^{\text{СПОЖ}}}{\Pi_{\text{БАЗ}}^{\text{СПОЖ}}} = 0,913;$$

$$(\min) Q_{E2} = \frac{\Pi_2^{\text{СПОЖ}}}{\Pi_{\text{БАЗ}}^{\text{СПОЖ}}} = 0,886.$$

Таким чином, чим менший економічний інтегральний показник, тим краще конкурентоспроможність електричних машин.

5. Інтегральний показник конкурентоспроможності визначається за формулою (14.1) і має вигляд:

$$Q_{\text{ІНТ1}} = \frac{Q_{\text{ТР1}}}{Q_{E1}} = \frac{1,1}{0,913} = 1,205; \quad Q_{\text{ІНТ2}} = \frac{Q_{\text{ТР2}}}{Q_{E2}} = \frac{1,138}{0,886} = 1,284.$$

Таким чином, чим більший інтегральний показник конкурентоспроможності, тим краща конкурентоспроможність електричних машин.

Завдання 14

Для свого варіанта вихідних даних з реалізованих на ринку аналогічних електричних машин вибрати найбільш конкурентоспроможну, при незмінних річних витратах на ремонт і обслуговування (табл. 14.2).

Таблиця 14.2 – Оціночні та базові значення показників електричних машин

№ п/п	Показник	Оцінюваний (новий) виріб		Базовий виріб
		№1	№2	
1	Ринкова ціна Ц, грн	2200·k	3700·k	2000
2	ККД, η	0,88	0,91	0,8
3	Нормативний термін служби Т, років	20	20	20
4	Річний фонд робочого часу, Фрч	4000	4000	4000
5	Річні витрати на ремонт і обслуговування, грн	155	130	110
6	Ціна електроенергії Ц _Е , грн/кВт·год	0,156	0,156	0,156
7	Потужність електричних машин Р, кВт	25	25	25

ТЕМА 15. РОЗРАХУНКИ ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ІЗ СЕРТИФІКАЦІЇ ПРОДУКЦІЇ

15.1. Короткі теоретичні відомості

Сертифікація – це дія, що встановлює відповідність продукції, послуги або процесу стандарту або технічному регламенту шляхом видачі ліцензії (дозволу) на проставляння знаку сертифіката (сертифікаційного знака) або сертифіката відповідності.

Сертифікат відповідності (сертифікат) – це документ, виданий за правилами системи сертифікації для підтвердження відповідності сертифікованої продукції, послуги або процесу встановленим вимогам.

Система сертифікації – це система із власними правилами виконання процедури сертифікації й управління нею, вона забезпечує й гарантує вірогідність сертифіката.

Атестація виробництва – це офіційне підтвердження органом по сертифікації або іншим спеціально уповноваженим органом присутності необхідних і достатніх умов виробництва певної продукції (надання послуг), що забезпечують стабільне виконання вимог до неї, встановлених нормативними документами.

15.2. Приклад виконання завдання

Визначити вартість роботи із сертифікації продукції, яка виконується серійно відповідно до ДСТУ 3413-96. Роботи виконує центр по сертифікації.

Нормативи трудомісткості при виконанні робіт:

1. Ухвалення рішення за заявкою, відбір зразків, аналіз протоколів випробувань, видача сертифіката відповідності: 10,3 (чол.днів).
2. Атестація виробництва.

Таблиця 15.1 – Норматив трудомісткості для проведення робіт з атестації виробництва

Група складності виробництва	Кількість технологічних операцій	Нормативи трудомісткості за видами продукції, чол.днів		
		деталі машин	інструмент	транспортні засоби
1	До 200	27	30	35
2	201–2000	35	39	51
3	2001–5000	45	52	55
4	більше 5000	53	55	66

3. Сертифікація системи якості.

Таблиця 15.2 – Норматив трудомісткості для проведення робіт із сертифікації системи якості

Кількість працівників на підприємстві	Норматив трудомісткості, чол.днів, для 1 групи складності продукції
до 100 осіб	15
101–1000	28
1001–5000	53
5001–10000	68

При 2 групі складності продукції трудомісткість необхідно збільшити в 1,5 рази, при 3 групі складності продукції трудомісткість – в 2 рази.

Витрати на сертифікацію визначаються в такий спосіб:

$$Z_{\text{СЕРТ}} = t_e Z_d \left(1 + \frac{K_H + K_{\text{НВ}}}{100\%} \right) \cdot \left(1 + \frac{P}{100\%} \right) \cdot \left(1 + \frac{\text{ПДВ}}{100\%} \right), \quad (15.1)$$

де t_e – трудомісткість робіт (чол.днів), Z_d – середньоденна зарплата співробітника центра по сертифікації з урахуванням премій, $Z_d = 150$ грн/день, K_H – відсоток нарахувань на зарплату, $K_H = 36,5\%$ від зарплати, $K_{\text{НВ}}$ – відсоток накладних витрат, $K_{\text{НВ}} = 90\%$ від зарплати, P – рентабельність, $P = 25\%$ від зарплати, ПДВ – податок на додану вартість, ПДВ = 20% від зарплати.

Розрахунок вартості роботи із сертифікації продукції проводиться за двома моделями сертифікації:

1. атестація виробництва

$$Z_{\text{СЕРТ}}^1 = Z_{1\text{ЕТАП}} + Z_{2\text{ЕТАП}}; \quad (15.2)$$

2. сертифікація системи якості

$$Z_{\text{СЕРТ}}^2 = Z_{1\text{ЕТАП}} + Z_{3\text{ЕТАП}}; \quad (15.3)$$

де $Z_{1\text{ЕТАП}}$ – витрати на заявку, відбір зразків і т.д., $Z_{2\text{ЕТАП}}$ – витрати на атестацію виробництва, $Z_{3\text{ЕТАП}}$ – витрати на сертифікацію системи якості.

$Z_{1\text{ЕТАП}}$, $Z_{2\text{ЕТАП}}$, $Z_{3\text{ЕТАП}}$ визначаються за формулою (15.1).

Завдання 15

Таблиця 15.3 – Варіанти завдань

№ варіанта	Група складності виробництва	Вид продукції	Кількість працівників підприємства	Група складності продукції
1	1	деталі машин	До 100	1
2	2	інструмент	101–1000	2
3	3	транспортні засоби	1001–5000	3
4	4	деталі машин	5001–10000	1
5	1	інструмент	До 100	2
6	2	транспортні засоби	101–1000	3
7	3	деталі машин	1001–5000	1
8	4	інструмент	5001–10000	2
9	1	транспортні засоби	До 100	3
10	2	деталі машин	101–1000	1

ТЕМА 16. ДІАГРАМА ПАРЕТО ТА АВС-АНАЛІЗ

У 1897 р. італійський економіст В. Парето (1845 – 1923) встановив, що приблизно 70–80 % доходів або благ у державі в більшості випадків належить 20–30 % населення. Американський економіст М. Лоренц в 1907 р., незалежно від Парето, прийшов до того ж висновку, здійснивши подальший розвиток ідей Парето (крім так званої «стовпчикової діаграми» ним було запропоновано використовувати кумулятивну криву, яку часто називають кривою Лоренца). Ідея застосування цієї діаграми для аналізу причин виникнення браку та шляхів підвищення якості належить Дж. Джурану.

Діаграма Парето – це інструмент, що дозволяє розподілити зусилля для вирішення проблем, що виникають, і виявити основні проблеми, з вирішення яких потрібно починати.

Перевага діаграми Парето полягає в тому, що вона показує відносний вплив кожної причини на загальну проблему.

Основні етапи побудови діаграми Парето

1. Збирають дані (за певний період, наприклад, місяць), які можуть мати відношення до браку, виявляють кількість виробів по кожному виду дефектів і підраховують суму втрат по кожному з них. Збір даних можна здійснити за допомогою спеціального розробленого для цих цілей контрольного листка.

2. Розробляють бланк таблиці (табл. 16.1) для обробки статистичних даних, наявних в контрольному листку.

3. Розташовують види браку в табл. 16.1 в порядку убутання суми втрат так, щоб в кінці стояли види, що відповідають меншим втратам. Останніми завжди ставляться види браку, що входять до групи «Інші», оскільки її складають дефекти, втрати від кожного з яких менше, ніж найменше значення, отримане для однотипних дефектів, що становлять окрему групу.

4. Заповнюють табл. 16.1.

Таблиця 16.1 – Дані для побудови діаграми Парето

Вид браку	Кількість неякісних виробів, шт.	Втрати від одиниці браку, грн	Загальні втрати від даного виду браку, грн	Частка втрат від даного виду браку в загальній кількості, %	Кумулятивні втрати, %
1	2	3	4	5	6
1	10	15,9	159	53	53
2	5	10,2	51	17	70
3	8	4,5	36	12	82
4	6	4	24	8	90
5	5	2,4	12	4	94
Інші	4	–	18	6	100
Разом	38	–	300	100	–

5. Будують одну горизонтальну і дві вертикальні осі:

- ✓ горизонтальну вісь ділять на інтервали відповідно до числа типів (груп) дефектів (ширина інтервалів має бути однаковою, але її розмір значення не має);

- ✓ на ліву вертикальну вісь наносять шкалу з інтервалами (поділками) від 0 до числа, що відповідає загальній сумі втрат від браку;

- ✓ на праву вертикальну вісь наносять шкалу з інтервалами (поділками) від 0 до 100 %.

При побудові вертикальних осей необхідно дотримати масштаб так, щоб значення загальної суми втрат від браку (на лівій осі) знаходилося строго на одному рівні із значенням 100 % (на правій осі).

6. Будують стовпчикову діаграму, де кожному виду браку (дефекту) відповідає свій прямокутник, висота якого відповідає величині втрати від цього виду браку (стовпець 4 табл. 16.1).

7. Будують кумулятивну криву за даними стовпця 6 табл. 16.1. Значення відкладають по правій осі.

8. На діаграмі вказують її назву, період отримання даних, найменування видів браку, суму втрат від кожного виду браку (над відповідним

стовпцем), кумулятивний відсоток (над відповідною точкою кривої Лоренца).

Приклад побудови діаграми Парето наведено на рис. 16.1.

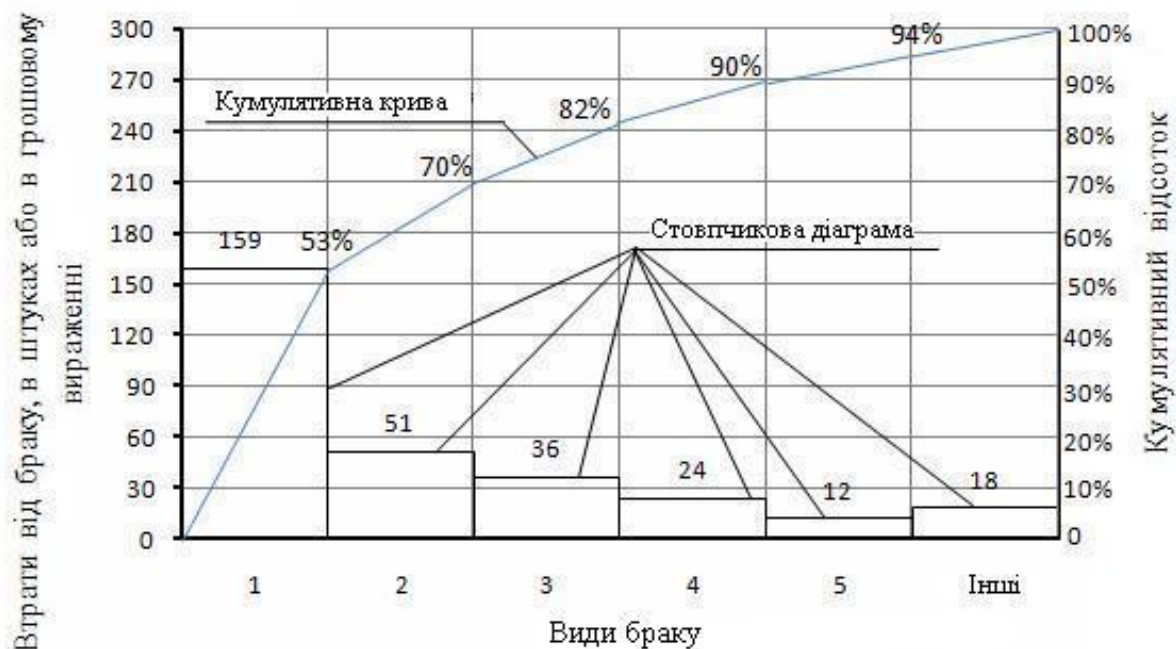


Рисунок 16.1

Аналіз діаграми Парето проводять за допомогою *ABC*-аналізу. Мета аналізу: виявити проблеми, що підлягають першочерговому вирішенню, шляхом визначення їх пріоритетності. Число груп при проведенні *ABC*-аналізу може бути будь-яким, але найбільшого поширення набув поділ даної сукупності на три групи: *A*, *B* і *C*, чим і обумовлена назва методу (*Abc-analysis*).

Група *A* – незначне число видів дефектів, на частку яких припадають найбільші втрати. Група *B* – середня за чисельністю група з середнім рівнем сумарних втрат від браку. Група *C* – велике число видів браку з незначною величиною сумарних втрат.

Економічний сенс *ABC*-аналізу полягає в тому, що максимальний ефект досягається при вирішенні проблем, що відносяться до групи *A*. Графічна інтерпретація *ABC*-аналізу наведена на рис. 16.2.

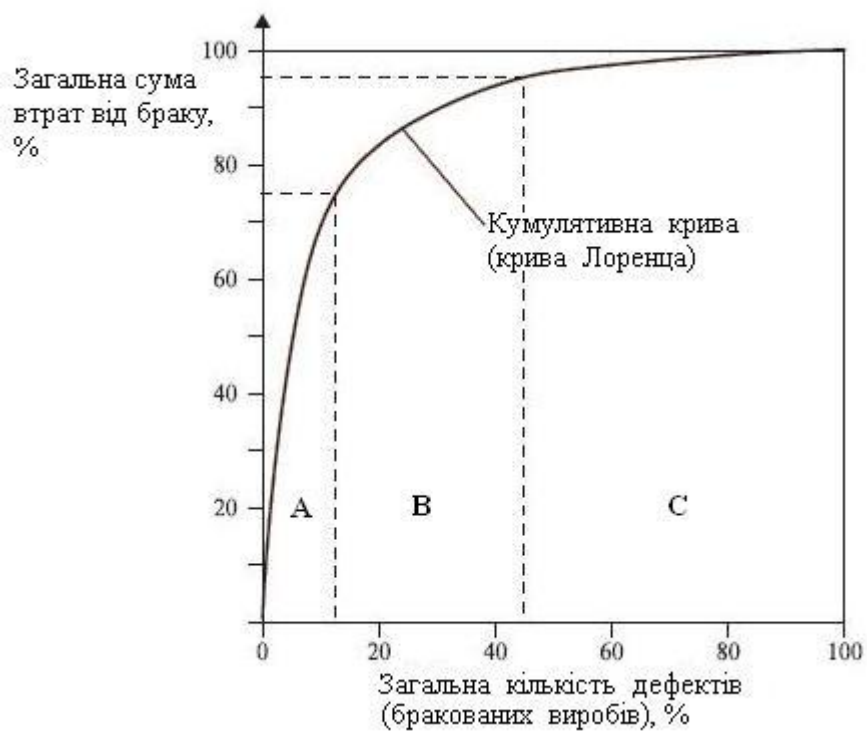


Рисунок 16.2

Завдання 16

Варіант 1. На чотирьох технологічних лініях по випуску сантехнічних матеріалів за одну зміну випускаються: 1) фланці сталеві плоскі; 2) фасонні частини (муфти, ревізії); 3) грати жалюзійні нерухомі; 4) засувки паралельні фланцеві. У табл. 16.2 наведено дані по кількості виробів, що виготовляються, і величині браку.

Таблиця 16.2 – Випуск сантехнічних матеріалів

Технологічна лінія	Число випущених виробів за зміну, шт.	Число дефектних виробів за зміну, шт.	Частка дефектних виробів, %	Вартість виробу, грн	Сума втрат від браку на технологічній лінії, грн	Втрати від браку, що доводяться на один якісний виріб, грн
Т-1	1600	40		200		
Т-2	2200	35		300		
Т-3	1200	38		185		
Т-4	800	20		280		

Необхідно: 1) на основі наведених початкових даних зробити попередній висновок, на якій технологічній лінії найбільші втрати від браку; 2) перевірити правильність зроблених висновків, побудувавши діаграму Парето і провівши по ній *ABC*-аналіз.

Варіант 2. Підприємство випускає покрівельне залізо. Протягом місяця було проведено 9820 бракованих листів і, природно, було поставлено завдання – зменшити брак. Дані з виробництва покрівельних листів наведено в табл. 16.3.

Таблиця 16.3 – Дані про брак при виробництві покрівельних листів

Вид браку	Кількість неякісних виробів, шт.	Втрати від одиниці браку, грн
Бічні тріщини	790	5,4
Лущення фарби	3400	3,7
Викривлення	900	62,0
Відхилення від перпендикулярності	320	20,0
Брудна поверхня	1320	4,5
Гвинтоподібність	1250	8,5
Тріщини	820	10,0
Бічний вигин	420	30,0
Інші причини	600	10,2

Для виявлення причин виникнення браку і розробки заходів щодо їх усунення необхідно побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Варіант 3. При проведенні попереджувальних заходів керівник використовував детальну інформацію про джерела витрат на внутрішні втрати при виробництві віконних блоків. На основі даних табл. 16.4:

1. Побудувати діаграму Парето (гривні – джерела витрат) і провести *ABC*-аналіз.

2. Визначити найбільш істотні елементи витрат, які необхідно зменшити.

Таблиця 16.4 – Джерела витрат на внутрішні втрати при виробництві віконних блоків

Код	Джерело витрат на внутрішні втрати	Сума, грн
C1	Відходи виробництва	121890
C2	Переробки і ремонт	57100
C3	Аналіз несправностей і відмов	7300
C5	Зниження сорту	260800
C6	Відходи, переробки, ремонт, що виникли з вини поставачальників	4850
РАЗОМ:		451940

Варіант 4. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Таблиця 16.5 – Дані про брак, що виник при пошитті платтів жіночих

Вид дефекту	Кількість дефектних виробів, шт.	Сума втрат від дефекту, грн
Різновідтінковість в деталях помітна	15	15000
Блізна на поличці	4	1300
Неспівпадання яскраво вираженого малюнка на бічних швах	17	10000
Необроблений край	170	1560
Відсутність фурнітури	100	2700
Крива строчка	10	3450
Заломи	150	35000
Захід однієї сторони шліци на іншу	10	11800
Інші	112	7500

Варіант 5. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Таблиця 16.6 – Дані про брак, що виник при виготовленні туфель жіночих повсякденних

Вид дефекту	Кількість дефектних виробів, шт.	Сума втрат від дефекту, грн
Нестійкість покриття до сухого і вологого тертя	56	2140
Прорізи	10	410
Різна довжина шкарпеток	540	3200
Зморшки всередині взуття	121	12100
Просічення ранта строчкою	410	8900
Складки на деталях верху	58	47800
Зсув підошви щодо грані сліду	25	1240
Сліди повторного кріплення підошов	7	560
Інші	242	1320

Варіант 6. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Таблиця 16.7 – Дані про брак при виробництві покрівельних листів

Вид браку та кількість неякісних виробів	Втрати від браку в грошовому вираженні, грн
Бічні тріщини – 140	5,4
Лущення фарби – 3400	3,7
Викривлення – 900	62,0
Відхилення від перпендикулярності – 320	20,0
Брудна поверхня – 1320	4,5
Гвинтоподібність – 1250	–
Тріщини по поверхні – 820	10,0
Бічний вигин – 420	30,0
Інші причини – 600	10,2
Разом	154,3

Варіант 7. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Таблиця 16.8 – Дані про брак при виробництві дискових пил

Найменування операції	Кількість бракованих деталей, шт.	Втрати від браку, грн
Вирубка круга по 0305	30	82000
Розточування отвору 040 Н7 у пакеті	10	29000
Обточування в пакеті 0300	12	35000
Вирубка стружкових канавок	60	198000
Правка корпусів фрез від викривлення	30	120000
Паяння твёрдосплавних пластин	70	240000
Шліфування по зовнішньому діаметру «чисто»	5	41000
Шліфування по бічних сторонах зубів «чисто»	2	16800
Заточування по передній поверхні $\gamma = 15^\circ$	3	25800
Заточування по задній поверхні $\alpha = 15^\circ$	10	90000
Заточування по бічних сторонах $\varphi = 15^\circ$	8	72000
Упаковка і консервація	2	18400
Інші втрати	–	60500
Разом	242	1028500

Варіант 8. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*-аналіз.

Таблиця 16.9 – Дані перевірки якості партії шерстяного драпу

Вид пороку або дефекту	Кількість метрів тканин з пороками	Втрати від браку в грошовому вираженні, грн
Різновідтінковість по всьому шматку	12	3000
Смуги від ниток різної товщини	3	1200
Масляні плями	45	4502
Растраф	7	2800
Подплетіни	2	800
Забоїни	6	3800
Заломлена кромка	41	200
Блізна	6	300
Інші	7	750

Варіант 9. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*–аналіз.

Таблиця 16.10 – Дані про несправності в житлових будинках

Вид несправності	Кількість несправностей	Сума втрат від усунення несправностей, грн
Розбиті стекла	15	1500
Заміна вимикачів	4	130
Порушення зв'язку зовнішнього облицювання і ліпних виробів	17	1000
Заміна запобіжників	170	156
Протечки в окремих місцях	100	270
Заміна світильників	1	345
Теча в кранах	150	3500
Несправність ліфта	1	1180
Інші	112	750

Варіант 10. На підставі наступних даних побудувати діаграму Парето і провести *ABC*–аналіз.

Таблиця 16.11 – Дані про брак, що виник при пошитті платтів жіночих

Вид дефекту	Кількість дефектних виробів, шт.	Сума втрат від дефекту, грн
Різновідтінковість в деталях помітна	15	15000
Блізна на поличці	4	1300
Неспівпадання яскраво вираженого малюнка на бічних швах	17	10000
Необроблений край	170	1560
Відсутність фурнітури	100	2700
Крива строчка	10	3450
Заломи	150	35000
Захід однієї сторони шліци на іншу	10	11800
Інші	112	7500

ТЕМА 17. ЕКСПЕРТНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВАГОМОСТІ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ

Експерт – це фахівець, компетентний у розв’язанні даної задачі (від лат. *expertus* – досвідчений). Компетентність експерта відносно об’єкту дослідження називається професійною компетентністю, а відносно методології ухвалення експертного рішення досліджуваної задачі – експертною компетентністю. Експерт має бути неупередженим і об’єктивним при оцінці об’єкту дослідження.

Експертний метод розв’язання задач ґрунтується на використанні узагальненого досвіду і інтуїції фахівців-експертів. Цей метод використовується для визначення показників вагомості кожного параметра якості, що використовуються для подальшої оцінки його рівня і економічного ефекту.

З метою підвищення достовірності, точності, надійності і відтворюваності експертних оцінок експертизу здійснюють шляхом ухвалення групового рішення компетентними людьми. Створюється експертна комісія, що складається з експертної і робочої груп.

У експертну групу включаються висококваліфіковані працівники в області створення і функціонування оцінюваної продукції: дослідники, конструктори, технологи, дизайнери, товарознавці, економісти і т.д. Кількість експертів, що входять до групи, залежить від необхідної точності середніх оцінок і повинне складати від 7 до 20 осіб. При заочному опитуванні верхня межа кількості опитуваних експертів не обмежується.

Бажано, щоб для оцінок однотипної продукції експертна комісія формувалася з постійних експертів і членів робочої групи. Це пов’язано з тим, що в процесі роботи постійної комісії накопичується досвід роботи, відбувається навчання її членів, виробляються загальні підходи і принципи, що підвищує ефективність діяльності експертної комісії. Перелік і послідовність основних етапів роботи експертної комісії полягає в такому:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і проведення робіт за експертною оцінкою якості продукції;
- формування експертної і робочої груп;
- розробка класифікації і визначення номенклатури показників якості оцінюваної продукції;

- підготовка анкет і пояснювальних записок для опитування експертів;
- оцінка і опитування експертів;
- обробка експертних оцінок;
- аналіз і оформлення результатів експертної оцінки коефіцієнтів вагомості.

При експертному методі оцінку рівня якості або показника тієї або іншої властивості продукції визначають у безрозмірних одиницях. У випадку, якщо результат оцінки (експертного вимірювання) якості експерти представляють у вигляді ранжируваного ряду, то чисельне визначення оцінок експертів полягає в такому:

1. Всі об'єкти оцінки (вироби, властивості) нумеруються довільно.
2. Експерти ранжують об'єкти за шкалою порядку.
3. Ранжирувані ряди об'єктів, складені експертами, зіставляються.
4. Визначаються суми рангів кожного з об'єктів експертної оцінки.
5. На підставі отриманих сум рангів будують узагальнений ранжирований ряд.
6. Узагальнені експертні оцінки якості даних об'єктів експертизи, тобто коефіцієнти їх вагомості, розраховуються за формулою:

$$\alpha_i = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n, m} Q_{ij}}, \quad (17.1)$$

де n – кількість експертів; m – число оцінюваних показників; Q_{ij} – коефіцієнт вагомості j -го показника в рангах (балах), який дав i -й експерт.

7. Розраховується коефіцієнт конкордації Кендалла:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (17.2)$$

де S – сума квадратів відхилень рангів кожного об'єкту від середньої арифметичної, яку можна знайти за будь-якою з наступних формул:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m R_{ij} \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m R_{ij} \right)^2}{m}; \quad (17.3)$$

$$S = \sum (x - \bar{x})^2, \quad (17.4)$$

де $\bar{x} = \frac{\sum x}{m}$.

8. Робляться висновки про узгодженість думок експертів.

При $W = 0$ спостерігається абсолютна неузгодженість думок експертів; при $W = 1$ спостерігається повна узгодженість думок; при $W < 0,2 \div 0,4$ слабка узгодженість експертів; при $W > 0,6 \div 0,8$ узгодженість експертів сильна.

Слабка узгодженість зазвичай є наслідком таких причин:

- у даній групі експертів дійсно відсутня спільність думок;
- усередині групи існують коаліції з високою узгодженістю думок, проте, узагальнені думки коаліцій протилежні.

Отже, $0 \leq W \leq 1$.

Приклад 17.1. Припустимо п'ять експертів про сім об'єктів експертизи Q склали такі ранжирувані ряди за зростаючою шкалою порядку:

експерт № 1 – $Q_5 Q_3 Q_2 Q_1 Q_6 Q_4 Q_7$;

експерт № 2 – $Q_5 Q_3 Q_2 Q_6 Q_4 Q_1 Q_7$;

експерт № 3 – $Q_3 Q_2 Q_5 Q_1 Q_6 Q_4 Q_7$;

експерт № 4 – $Q_5 Q_3 Q_2 Q_1 Q_4 Q_6 Q_7$;

експерт № 5 – $Q_5 Q_3 Q_1 Q_2 Q_6 Q_4 Q_7$.

Розв'язання: місце об'єкту в ранжируваному ряду називається його рангом. Чисельне значення рангу у ряді зростаючої шкали порядку збільшується від 1 до m (m – кількість оцінюваних об'єктів). У даному прикладі $m = 7$.

Визначаємо суми рангів кожного з об'єктів експертної оцінки:

$$Q_1: 4 + 6 + 4 + 4 + 3 = 21;$$

$$Q_2: 3 + 3 + 2 + 3 + 4 = 15;$$

$$Q_3: 2 + 2 + 1 + 2 + 2 = 9;$$

$$Q_4: 6 + 5 + 6 + 5 + 6 = 28;$$

$$Q_5: 1 + 1 + 3 + 1 + 1 = 7;$$

$$Q_6: 5 + 4 + 5 + 6 + 5 = 25;$$

$$Q_7: 7 + 7 + 7 + 7 + 7 = 35.$$

На підставі отриманих сум рангів будуюмо узагальнений ранжируваний ряд. Для нашого прикладу він має вигляд:

$$Q_5 Q_3 Q_2 Q_1 Q_6 Q_4 Q_7.$$

Розраховуємо узагальнені експертні оцінки якості даних об'єктів експертизи за формулою (17.1). Одержимо такі результати:

$$\alpha_1 = \frac{21}{140} = 0,15; \alpha_2 = \frac{15}{140} = 0,11; \alpha_3 = \frac{9}{140} = 0,06; \alpha_4 = \frac{28}{140} = 0,2;$$

$$\alpha_5 = \frac{7}{140} = 0,05; \alpha_6 = \frac{25}{140} = 0,18; \alpha_7 = \frac{21}{140} = 0,15.$$

Визначимо коефіцієнт конкордації Кендалла. Для цього за формулою (17.3) одержимо: $S = 3430 - 140^2/7 = 630$.

Аналогічний результат отримано за формулою (17.4):

$$\bar{x} = \frac{140}{7} = 20; S = (21 - 20)^2 + (15 - 20)^2 + \dots + (35 - 20)^2 = 630.$$

Тепер знайдемо коефіцієнт конкордації Кендалла за формулою (17.2):

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} = \frac{12 \cdot 630}{5^2(7^3 - 7)} = 0,9.$$

Отже, узгодженість експертів сильна.

Розрахунки зручно подавати у вигляді таблиці 17.1:

Таблиця 17.1 – Результати розрахунків

Експерт	Об'єкт							Сума
	1	2	3	4	5	6	7	
1	4	3	2	6	1	5	7	–
2	6	3	2	5	1	4	7	–
3	4	2	1	6	3	5	7	–
4	4	3	2	5	1	6	7	–
5	3	4	2	6	1	5	7	–
Сума	21	15	9	28	7	25	35	140
Коефіцієнт вагомості	0,15	0,11	0,06	0,2	0,05	0,18	0,15	1
Квадрат суми	441	225	81	784	49	625	1225	3430

Завдання 17

Варіант 1. Визначити коефіцієнти вагомості показників якості та коефіцієнт конкордації Кендалла при таких даних ранжирування, отриманих від експертів:

експерт № 1 – $Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7$;

експерт № 2 – $Q_3 Q_1 Q_2 Q_5 Q_6 Q_7 Q_4$;

експерт № 3 – $Q_1 Q_2 Q_5 Q_3 Q_6 Q_4 Q_7$;

експерт № 4 – $Q_1 Q_3 Q_2 Q_5 Q_4 Q_6 Q_7$;

експерт № 5 – $Q_3 Q_1 Q_5 Q_2 Q_6 Q_4 Q_7$.

Варіант 2. Визначити коефіцієнти вагомості показників якості та ступінь узгодженості думок експертів за даними таблиці 17.2:

Таблиця 17.2 – Вихідні дані до варіанту 2

Номер об'єкту	Оцінка експерта				
	1	2	3	4	5
1	6	6	6	5	6
2	2	1	1	2	1
3	1	2	3	1	2
4	5	4	4	4	5
5	3	3	2	3	3
6	4	5	5	6	3

Варіанти 3–8. Визначити коефіцієнти вагомості показників якості та коефіцієнт конкордації Кендалла за даними таблиць 17.3–17.8:

Таблиця 17.3 – Вихідні дані до варіанту 3

Експерт	Фактор			
	1	2	3	4
1	1	3	2	4
2	3	2	1	4
3	4	3	1	2
4	2	3	4	1
5	2	4	1	3

Таблиця 17.4 – Вихідні дані до варіанту 4

Фактор	Експерт					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	1	2	1	1
2	1	1	3	3	4	2
3	3	2	2	1	2	3
4	4	5	4	5	3	4
5	5	4	5	4	5	5

Таблиця 17.5 – Вихідні дані до варіанту 5

Номер об'єкту	Оцінка експерта					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	1	2	2	4
2	2	1	3	1	3	5
3	3	4	2	3	1	2
4	4	3	5	5	4	3
5	5	5	4	4	5	1

Таблиця 17.6 – Вихідні дані до варіанту 6

Номер об'єкту	Оцінка експерта				
	1	2	3	4	5
1	1	1	2	3	1
2	2	2	1	1	2
3	6	7	6	5	6
4	4	6	4	6	4
5	7	3	7	4	5
6	3	5	5	7	7
7	5	4	3	2	3

Таблиця 17.7 – Вихідні дані до варіанту 7

Експерти	Номер об'єкту						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	1	3	4	6	5	7
3	1	3	2	4	5	7	6
4	1	2	3	5	4	7	6
5	1	3	2	4	5	6	7

Таблиця 17.8 – Вихідні дані до варіанту 8

Експерт	Фактор			
	1	2	3	4
1	1	3	2	4
2	3	2	1	4
3	4	3	1	2
4	2	3	4	1
5	2	4	1	3

Варіант 9. Визначити коефіцієнти вагомості показників якості та коефіцієнт конкордації Кендалла при таких даних ранжирування, отриманих від експертів:

експерт № 1 – $Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5 Q_6 Q_7$;

експерт № 2 – $Q_3 Q_1 Q_2 Q_5 Q_6 Q_7 Q_4$;

експерт № 3 – $Q_1 Q_2 Q_5 Q_3 Q_6 Q_4 Q_7$;

експерт № 4 – $Q_1 Q_3 Q_2 Q_5 Q_4 Q_6 Q_7$;

експерт № 5 – $Q_3 Q_1 Q_5 Q_2 Q_6 Q_4 Q_7$.

Варіант 10. Визначити коефіцієнти вагомості показників якості та ступінь узгодженості думок експертів за даними таблиці 17.9:

Таблиця 17.9 – Вихідні дані до варіанту 10

Номер об'єкту	Оцінка експерта				
	1	2	3	4	5
1	6	6	6	5	6
2	2	1	1	2	1
3	1	2	3	1	2
4	5	4	4	4	5
5	3	3	2	3	3
6	4	5	5	6	3

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яка роль стандартизації в підвищенні ефективності народного господарства, технічного рівня та якості продукції?
2. Зробіть історичний огляд розвитку метрології та стандартизації.
3. Розкрийте сутність основних понять та термінів в галузі стандартизації.
4. Наведіть основні принципи та функції стандартизації.
5. Охарактеризуйте методи стандартизації.
6. Дайте визначення термінів: «уніфікація» і «симпліфікація».
7. Охарактеризуйте форми уніфікації.
8. У чому виявляється сутність комплексної, перспективної та параметричної стандартизації?
9. З якою метою розроблені ряди переважних чисел?
10. Перелічіть основні властивості переважних чисел.
11. Розкрийте поняття систем стандартизації.
12. Назвіть об'єкти Національної системи стандартизації.
13. Дайте характеристику органів і служб стандартизації, їх завдання та функції.
14. Які категорії стандартів чинні в Україні?
15. Дайте характеристику стадій розробки стандартів.
16. Розкрийте завдання, функції органів державного нагляду та відомчого контролю.
17. Які документи та бази даних містить інформаційна база стандартизації України?
18. У чому полягає сутність створення міжгалузевих систем стандартів?
19. Які положення покладені в основу ЄСКД?
20. Назвіть вимоги, які встановлюються в стандартах ССБП.
21. Розкрийте роль та значення міжнародної стандартизації.

22. Назвіть провідні міжнародні та регіональні організації зі стандартизації, охарактеризуйте їх структуру та функції.
23. Який порядок розробки та затвердження міжнародних і регіональних стандартів?
24. Наведіть приклади участі України у роботі міжнародних та регіональних організаціях зі стандартизації.
25. У чому полягає економічна ефективність стандартизації?
26. Які проблеми охоплює наука метрологія?
27. Яку систему мір використовувало суспільство протягом свого розвитку?
28. Коли і де була розроблена метрична система мір?
29. Назвіть етапи розвитку вітчизняної метрології.
30. Що належить до об'єктів вимірювання?
31. Які існують різновиди вимірювань?
32. Класифікуйте засоби вимірювання.
33. Наведіть методи та принципи вимірювань.
34. Охарактеризуйте основні види похибок.
35. Що таке метрологічні характеристики засобів вимірювань?
36. Дайте визначення поняттям: «точність засобів вимірювань», «клас точності».
37. Сформулюйте основний постулат метрології.
38. Які фактори враховуються під час проведення високоточних вимірювань?
39. Як здійснюється виключення впливаючих факторів?
40. Дайте визначення поняттю «правіло трьох сигм».
41. Який існує порядок проведення обробки результатів вимірювання?
42. Дайте визначення поняттю «метрологічне забезпечення».
43. Що є науковою, законодавчою, правовою, технічною, нормативною та організаційною основами метрологічного забезпечення?
44. У чому суть технічної бази забезпечення єдності вимірювань?

45. Які існують види відтворення одиниць фізичних величин?
46. Наведіть класифікацію та характеристику еталонів.
47. Розкрийте основні види метрологічної діяльності.
48. Охарактеризуйте нормативні документи Державної метрологічної системи.
49. У чому полягає мета та завдання Державної метрологічної служби України?
50. Наведіть структуру, задачі та функції державної та відомчої метрологічних служб України.
51. Які існують види державного метрологічного контролю?
52. Охарактеризуйте основні форми відомчого метрологічного контролю.
53. Яка є відповідальність за порушення правил законодавчої метрології?
54. Розкрийте соціально-економічні аспекти проблеми якості.
55. Дайте визначення основним термінам і визначенням в галузі управління якістю: продукції, продукту, виробу, якості продукції, властивості продукції, ознаці продукції, параметру продукції, показнику якості продукції, дефекту, браку.
56. Наведіть класифікацію показників якості.
57. Як здійснюється розробка і розвиток методів оцінки якості продукції на різних етапах виробництва?
58. Назвіть основні види оцінки якості продукції.
59. Визначте переваги та недоліки відомих систем управління якістю.
60. Що таке комплексна система управління якістю?
61. У чому полягають основні особливості японського досвіду управління якістю?
62. Розкрийте основні особливості американського досвіду управління якістю.
63. Які основні напрямки вдосконалення систем якості?

64. Які міжнародні стандарти визначають і регулюють відношення підприємства до систем управління якістю?
65. Розкрийте зміст і значення стандартів серії ISO 9000.
66. У чому полягає управління якістю за державними стандартами ДСТУ ISO серії 9000?
67. Розкрийте сутність політики та цілей в сфері якості.
68. Які основні принципи управління якістю?
69. Розкрийте сутність поняття загального управління якістю. У чому полягають мета та основні складові концепції TQM?
70. Які елементи містить система TQM?
71. Охарактеризуйте основні етапи розвитку концепції TQM.
72. Розкрийте принципи, на яких базується TQM.
73. Наведіть досвід впровадження концепції TQM у різних сферах діяльності. Які переваги використання цієї концепції у вищій школі?
74. Назвіть етапи впровадження у діяльність організації методології TQM.
75. Розкрийте основні проблеми впровадження концепції TQM у діяльність організації.
76. Що таке «процесний підхід» та які його переваги?
77. У чому суть технічного рівня продукції?
78. Які основні етапи процедури оцінки рівня якості продукції?
79. Назвіть основні методи оцінки якості технічної продукції.
80. Як оцінити якість продукції за її найважливішим показником?
81. У чому суть методу оцінки якості продукції за узагальненим показником?
82. Розкрийте сутність диференціального методу оцінки якості продукції.
83. Що таке інтегральний метод оцінки якості продукції?
84. Як оцінити якість продукції за її економічною ефективністю?
85. Розкрийте сутність методу експертної оцінки показників якості та властивостей продукції.


ДОДАТКИ

Додаток 1. Вихідні дані до завдання 4











Варіант 1

SAMSUNG SyncMaster		SAMSUNG WYNYARD PARK, BILLINGHAM, CLEVELAND TS22 5BB, UK	
Model Name: 7530FX S Model Code: AN17KSBU/EDC AC 100-240V~ 60/50Hz 1.2A	Color Display Unit Type No.: PN17KS		
Die in diesem Gerät entstehende Röntgenstrahlung ist durch eine geeignete Kathodenstrahlröhre nach Anlage III Röntgenverordnung ausreichend abgeschirmt. Beschleunigungsspannung: Max. 20kV. Apparatet må kun tilsluttes jorden stikkontakt. Apparatet skal ansluttes til jorden uttag når den ansluttes til et netværk.			
AN17HJFTB19722V		Produced in the United Kingdom	
		MADE IN WYNYARD, U.K. (SEUK) MANUFACTURED: NOVEMBER 2002	

Варіант 2

SAMSUNG SyncMaster		SAMSUNG WYNYARD PARK, BILLINGHAM, CLEVELAND TS22 5BB, UK	
Model Name: 753S S Model Code: AN17LS7L/EDC AC 100-240V~ 60/50Hz 1.2A	Color Display Unit Chassis Code: ACM Type No.: PN17LS		
Die in diesem Gerät entstehende Röntgenstrahlung ist durch eine geeignete Kathodenstrahlröhre nach Anlage III Röntgenverordnung ausreichend abgeschirmt. Beschleunigungsspannung: Max. 20kV. Apparatet må kun tilsluttes jorden stikkontakt. Apparatet skal ansluttes til jorden uttag når den ansluttes til et netværk.			
AN17HJGW204039F		Produced in the United Kingdom	
		MADE IN WYNYARD, U.K. (SEUK) MANUFACTURED: FEBRUARY 2003	






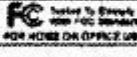


Варіант 3

NEC LCD MONITOR LCD1704M	Complies with TSI 1704 EN 60950-1:2005 100-240V~ 60/50Hz 0.5 - 0.4A	(Model: L17AP1)
CAUTION: TO PREVENT ELECTRIC SHOCK, DO NOT REMOVE THE ENCLOSURE. NO USER-SERVICEABLE PARTS INSIDE. ATTENTION: AFIN DE PREVENIR DE TOUT CHOC ELECTRIQUE, NE PAS OUVRI L'É BOITIER. AUCUNE PIÈCE INTÉRIÈRE NE PEUT ÊTRE CHANGÉE PAR L'UTILISATEUR. ACHTUNG: ZUM TRENNUNG VOM NETZ IST DER NETZSTECKER AUS DER STÖCKDOSE ZU ZIEHEN. GERÄT NICHT ÖFFNEN. ES SIND KEINE DURCH DEN BEWUTZER AUSWECHSELBAREN TEILE IM GERÄT VORHANDEN. VARNING: APPARATEN SKALL ANSLUTAS TILL JORDAT UTTAG. VAROITUS: LAITE ON LIITETTÄVÄ SUOJAMMADOORIKOSKIEPIMÄLLÄ KÄRSIÖTTÄÄN PISTOKASIAAMA. ADVARSEL: APPARATET MÅ TILSLUTTES JORDET STRØMUTTAG.	          	

Вариант 4

 LG FLATRON L1717S-SN		LGE LG Twin Towers, 20, Yoido-Dong, Youngdungpo-Gu, Seoul, 150-721, Korea.
PRODUCT CODE : L1717S-SNN.ANEUEPX POWER : AC 100-240V~ 50/60Hz 1.0A SERIAL NO : 510DILS0R872 		This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.
MODEL NO. : L17NS-8 MANUFACTURED : OCTOBER 2006 FCC ID : BEJL17NP		The Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003. Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.
    		Apparatet skal anslutas til jordet nettiltæg. The Class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003. Cet appareil numérique de la classe B est conforme à la norme NMB-003 du Canada.
    		MADE IN INDONESIA 3850T2667A







Вариант 5

		Canada ICES-003, Class B
P/N: 119PS 100-240V~, 50/60Hz, 2.5A Mfg. Date: 2003.02 Serial No: 308FVEA2000104		   
This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.		 
Die in diesem Gerät enthaltene Röntgenstrahlung ist ausreichend durch die eigensichere Kathodenstrahlröhre abgesichert mit max.20kV.		Model: F908 Made in China
Strahlstrom: Max. 1000 µA		

Вариант 6

 LG FLATRON F720P		LGE LG Twin Towers, 20, Yoido-Dong, Youngdungpo-Gu, Seoul, 150-721, Korea.
PRODUCT CODE : F720PL.ALRUG POWER : AC 200-240V~ 50Hz 1.0A SERIAL NO. : 410NTMXAK21S 		Warning : This product includes critical mechanical and electrical parts which are essential for X radiation safety. For continued safety replace critical components indicated in the service manual only with exact replacement parts given in the parts list. Operating high voltage for this product is max. 20kV at minimum brightness. Refer to service manual for measurement procedures and proper service adjustments.
MODEL NO. : F17LE-0 MANUFACTURED : OCTOBER 2004		This device complies with FDA Radiation Performance Standards, 21 CFR Subchapter J.
        		Apparatet skal anslutas til jordet nettiltæg. Cheats No.:CA-140 MADE IN CHINA CWS 3850TIA205B











Вариант 7

 Model : 910M S Model Code: GS19MS88/EDC		    AR48
Color Display Unit Type No.: GH19MS	AC100-240V- 50/60Hz 0.7A	
Apparatet må kun tilkoples jordet stikkontakt. Apparaten skall anslutas till jordat uttag när den ansluts till ett nätverk.		Произведено в Корее MADE IN SUWON, KOREA(SEC) MANUFACTURED: JUNE 2004 BN88-00814A-00
S/N: GS19H4JX600033A 		

Вариант 8

	
P/N: JM678 Rating: 100-240V~, 50/60Hz, 1.2A Mfg. Date: 2003.01 Serial No: 304T5002200284	
This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions (1) this device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.	
Canada ICES-003, Class/Classe B	
           	
Made in China	

Вариант 9

DC 12V OUT AC IN for Philips Multimedia Base only	
PHILIPS 15吋液晶顯示器 MODEL NO./型號: 15054 MADE IN CHINA FABRIQUE EN CHINE CDI 中國製造	
FCC ID: A3KH117 Philips Elec. Industries Ltd. 台灣 Philips 電子工業有限公司	5 Tsa Chung 1 Road, Chung Industrial Park, P.O. Box 121, Chung, Tainan, Taiwan 台灣台南縣中興路1號1樓121號
This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) This device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation. Apparatet må kun tilkoples jorden stikkontakt. Apparaten skall anslutas till jordat uttag när den ansluts till ett nätverk. Case on internet: www.philips.com.tw	This class B digital apparatus complies with Canadian ICES-003. Cet appareil numérique de la classe B se conforme à la norme NMB-003 du Canada. As an ENERGY STAR® Partner, Philips has determined that this product meets the ENERGY STAR® guidelines for energy efficiency.
WARNING: A) The apparatus must be earthed. B) The parts are made accessible when backcover is removed. C) Always remove mains plug from wall socket before any service operation. Never remove cover unless qualified to do so. This unit contains dangerous voltages.	         

Додаток 2. Вихідні та довідкові дані до завдання 5

Варіант 1



Варіант 2



Варіант 3



Варіант 4



Варіант 5



Вариант 6



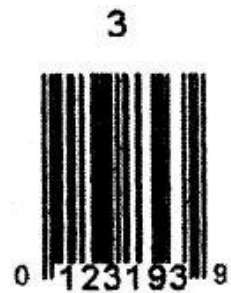
Вариант 7



Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



Таблиця Д 2.1 – Префікси країн світу

Код	Країна	Код	Країна
США, Канада	000–139	Ізраїль	729
резерв EAN	200–299	Швеція	730–739
Франція	300-379	Гватемала, Сальвадор, Гондурас, Нікарагуа, Коста-Ріка, Панама	740–745
Болгарія	380	Мексика	750
Словенія	383	Венесуела	759
Хорватія	385	Швейцарія	760–769
Німеччина	400–440	Колумбія	770
Російська Федерація	460–469	Уругвай	773
Тайвань	471	Перу	775
Естонія	474	Болівія	777
Латвія	475	Аргентина	779
Литва	477	Чилі	780
Філіппіни	480	Парагвай	784
Україна	482	Еквадор	786
Гонконг	489	Бразилія	789–790
Японія	490–499	Італія	800–839
Велика Британія	500–509	Іспанія	840–849
Греція	520	Куба	850
Кіпр	529	Словаччина	858
Македонія	531	Чехія	859
Мальта	535	Туреччина	869
Ірландія	539	Нідерланди	870
Бельгія та Люксембург	540–549	Південна Корея	880
Португалія	560	Таїланд	885
Ісландія	569	Сінгапур	888
Данія	570–579	Індонезія	899
Польща	590	Австрія	900–919
Румунія	594	Австралія	930–939
Угорщина	599	Нова Зеландія	940–949
Південна Африка	600–601	Малайзія	955
Марокко	611	Періодичні видання	977
Туніс	619	Книги	978–979
Фінляндія	640–649	Квитанції	980
Китай	690–695	Купони	990–999
Норвегія	700–709	–	–

Додаток 3. Вихідні дані до завдання 6

Варіант 1

Задано	Перевести в одиниці
$18100 \cdot 10^{-4}$ МГц	... кГц
$0,0143 \cdot 10^{-1}$ мкФ	... нФ
$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мГн	... мкГн
$0,00910 \cdot 10^5$ Ом	... кОм
$120,1 \cdot 10^{-7}$ с	... мкс

Варіант 2

Задано	Перевести в одиниці
$0,22 \cdot 10^2$ Мпикс	... пикс
$0,04 \cdot 10^2$ Мбит	... КБ
$5,02 \cdot 10^3$ МГц	... Гц
$2,3 \cdot 10^7$ Ом	... МОм
$18,2 \cdot 10^{-5}$ с	... мс

Варіант 3

Задано	Перевести в одиниці
$0,8 \cdot 10^3$ МБ	... Б
$4530 \cdot 10^{-3}$ Гц	... кГц
$0,051 \cdot 10^{-2}$ МОм	... ТОм
$2500 \cdot 10^{-4}$ с	... нс
$340 \cdot 10^{-1}$ кпикс	... пикс

Варіант 4

Задано	Перевести в одиниці
$0,042 \cdot 10^2$ ГГц	... МГц
$0,53 \cdot 10^6$ мкГн	... Гн
$0,081 \cdot 10$ В	... мВ
$7320 \cdot 10^{-5}$ См	... мСм
$9081 \cdot 10^2$ Б	... КБ

Варіант 5

Задано	Перевести в одиниці
$8,1 \cdot 10^{-6}$ ГГц	... Гц
$2,302 \cdot 10^{-9}$ кВ	... мкВ
$1350 \cdot 10^8$ Ом	... ГОм
$4,02 \cdot 10^{-3}$ А	... мА
16 800 бит	... Б

Варіант 6

Задано	Перевести в одиниці
$1,09 \cdot 10^4$ кГц	... МГц
$0,421 \cdot 10^{-1}$ Гн	... мГн
$0,006 \cdot 10^{-3}$ кВ	... В
$0,048 \cdot 10^{-2}$ См	... мкСм
$3,88 \cdot 10^{-4}$ с	... пс

Варіант 7

Задано	Перевести в одиниці
$0,0251 \cdot 10^4$ МГц	... ГГц
$14580 \cdot 10^2$ мВ	...кВ
$0,314 \cdot 10^3$ мкА	... мА
$1620 \cdot 10^2$ См	... кСм
$64,0 \cdot 10^3$ Б	... КБ

Варіант 8

Задано	Перевести в одиниці
$247,58 \cdot 10^7$ Гц	... ГГц
$0,033 \cdot 10^6$ Ф	... мкФ
$104,3 \cdot 10^{-5}$ мА	... мкА
$2,03 \cdot 10^{-3}$ МБ	... Б
$11,0 \cdot 10^6$ пикс	... Мпикс

Варіант 9

Задано	Перевести в одиниці
$0,047 \cdot 10^5$ мВт	...Вт
10 Ф	... нФ
$0,041 \cdot 10^2$ ГОм	... кОм
0,0015 ГГц	... МГц
$5,01 \cdot 10^5$ пикс	... кпикс

Варіант 10

Задано	Перевести в одиниці
$136,01 \cdot 10^9$ мкВт	... кВт
$14,7 \cdot 10^{-3}$ нФ	... пФ
$2,48 \cdot 10^{-4}$ пс	... мкс
3072 КБ/с	... Б/с
$5,08 \cdot 10^{-2}$ Мпикс	... кпикс

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технічне регулювання» для студентів спеціальності 6.030510 «Товарознавство та комерційна діяльність» / О. Б. Білоцерківський. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 88 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Управління якістю та сертифікація продукції» для студентів спеціальності 7.050206 «Менеджмент зовнішньоекономічної діяльності» / О. Б. Білоцерківський, І. Ю. Лук'яниця. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – 32 с.
3. Білоцерківський О. Б. Основи стандартизації, метрології та управління якістю : текст лекцій для студентів спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» / О. Б. Білоцерківський. – Харків : «Точка», 2017. – 190 с.
4. Белоцерковский А. Б. Управление качеством и сертификация продукции : курс лекций / А. Б. Белоцерковский, В. С. Питя, А. Б. Зубкова. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2008. – 96 с.
5. Білоцерківський О. Б. Статистика : текст лекцій / О. Б. Білоцерківський, О. О. Замула, Н. В. Ширяєва. – Харків : НТУ «ХПІ», 2009. – 96 с.
6. Білоцерківський О. Б. Теорія ймовірностей і математична статистика : текст лекцій / О. Б. Білоцерківський. – Харків : «Друкарня Мадрид», 2016. – 94 с.
7. Новицкий Н. И. Управление качеством продукции : учеб. пособ. / Н. И. Новицкий, В. Н. Олексюк, А. В. Кривенков, Е. Э. Пуровская. – М. : ООО «Новое знание», 2002. – 186 с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Стандартизація, сертифікація та ліцензування» за напрямом вищої освіти 6.030601 – «Менеджмент», 6.030504 – «Економіка підприємства» / М. Т. Козаченко, Л. О. Лебединська, В. І. Солодка. – Одеса : ОНАЗ, 2013. – 112 с.
9. Хрусталева З. А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум : учеб. пособ. / З. А. Хрусталева. – М. : КНОРУС, 2011. – 176 с.
10. Хрусталева З. А. Электротехнические измерения. Практикум : учеб. пособ. / З. А. Хрусталева. – М. : КНОРУС, 2011. – 240 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Тема 1. Арифметична і геометрична прогресія.....	4
Тема 2. Використання рядів переважних чисел для визначення параметрів виробів.....	9
Тема 3. Стандартизація та її економічна ефективність.....	17
Тема 4. Стандартизація маркувальних знаків на продукції.....	25
Тема 5. Аналіз реальних штрих-кодів. Перевірка їх достовірності.....	34
Тема 6. Фізичні величини та їх вимірювання.....	41
Тема 7. Похибки вимірювань.....	47
Тема 8. Виявлення та виключення помилок.....	55
Тема 9. Нормування класу точності засобів вимірювань.....	59
Тема 10. Обробка результатів прямих і непрямих вимірювань.....	64
Тема 11. Сутність якості й оцінка якості технічної продукції.....	73
Тема 12. Диференціальний метод оцінки якості продукції.....	76
Тема 13. Інтегральний метод оцінки рівня якості технічних виробів.....	80
Тема 14. Розрахунки конкурентоспроможності виробів за допомогою інтегрального методу оцінки якості продукції.....	84
Тема 15. Розрахунки витрат на проведення робіт із сертифікації продукції.....	87
Тема 16. Діаграма Парето та <i>ABC</i> -аналіз.....	90
Тема 17. Експертний метод визначення коефіцієнтів вагомості показників якості.....	99
Контрольні запитання.....	106
Додаток 1. Вихідні дані до завдання 4.....	110
Додаток 2. Вихідні та довідкові дані до завдання 5.....	113
Додаток 3. Вихідні дані до завдання 6.....	116
Список літератури.....	118

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з курсу
«Основи стандартизації, метрології та управління якістю»
для студентів спеціальності
076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність»

Укладач **БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ** Олександр Борисович

Роботу до видання рекомендував проф. Гавриць О.М.
В авторській редакції

План 2018 р., поз. 77

Підп. до друку 08.04.19. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк.

Наклад 50 прим. Зам № _____. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків 2, вул. Кірпічова, 2

Віддруковано в ТОВ «Друкарня Мадрид».
61024, Харків, вул. Ольмінського, 11. Тел.: (057) 756-53-25