

1 ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПОВІРКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ. НОРМУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

1.1 Мета заняття

Мета заняття – ознайомитись з принципами встановлення та корегування тривалості міжповірного інтервалу (МПІ) засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), поглибити знання з нормування метрологічних характеристик (МХ) ЗВТ, видами позначень класів їх точності, навчитись обробляти результати вимірювань, отриманих при повірці ЗВТ.

1.2 Методичні вказівки з організації самостійної роботи студента

Періодичність повірки ЗВТ. Повірку ЗВТ, які перебувають на зберіганні та в експлуатації, здійснюють через певні проміжки часу – так звані міжповірочні інтервали (МПІ). При встановленні тривалості МПІ розробники або установи, що експлуатують ЗВТ, змушені урахувати дві протирічливі вимоги. З одного боку очевидно, що чим частіше виконується повірка, тим вища метрологічна надійність ЗВТ і, таким чином, МПІ потрібно скорочувати. З другого боку, повірка ЗВТ вимагає значних економічних витрат (на проведення самої повірки, на відволікання приладів від виконання вимірювальних задач, на створення підмінного фонду ЗВТ, на транспортування тощо). Ураховуючи останнє, бажано було б МПІ максимально збільшувати. Ось чому оптимальний вибір тривалості МПІ має важливе техніко-економічне значення [1].

Проблема призначення оптимальних тривалостей МПІ є надзвичайно складною, а універсального остаточного її рішення для усієї сукупності ЗВТ не знайдено. Це зумовлено наявністю великої кількості факторів, що впливають на вибір МПІ. До цих факторів належать фактична надійність ЗВТ, умови експлуатації, інтенсивність використання, ступінь значущості результатів вимірювань для користувача, динаміка змінювання похибок ЗВТ протягом терміну експлуатації.

Як би ретельно та якісно не був виготовлений та відрегульований ЗВТ на момент його випуску з виробництва, з часом у елементах схеми протікають процеси старіння, а похибка невпинно збільшується. Тому нормування гарантованих у технічній документації меж допустимої похибки здійснюється заводом-виробником, як правило, з (1,25 ... 2,5)-кратним запасом на старіння. Таке перебільшення меж допустимої похибки над фактичним значенням похибки в мо-

мент випуску ЗВТ з виробництва або ремонту є, по суті, єдиним практичним способом забезпечення довгочасної метрологічної стабільності приладу. Ці обставини повинні бути чітко відомі споживачеві ЗВТ, оскільки їх потрібно приймати до уваги під час встановлення МПІ, під час організації процесів вимірювань тощо.

Слід відзначити, що не всім складовим похибки притаманне змінювання за часом. Наприклад, незмінною залишається похибка квантування цифрових вимірювальних приладів.

Розглянемо математичний опис прогресуючої похибки ЗВТ для довільно обраної позначки шкали. Для переважної більшості аналогових та цифрових приладів поточне значення $\gamma(t)$ зведеної похибки має вигляд

$$\gamma(t) = \gamma_0 + v_0 \tau (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}),$$

де t – вік ЗВТ з моменту його виготовлення;

τ – постійна часу процесу метрологічної стабілізації ЗВТ;

γ_0 – значення зведеної похибки ЗВТ на момент випуску з виробництва;

v_0 – початкова швидкість зростання зведеної похибки.

За деяких обставин значна кількість метрологічних відмов після першого ремонту може сприйматися як наслідок прискорення процесу старіння приладу. Однак, такі висновки, виходячи з розглянутого вище, слід вважати помилковими. Як висновок слід відзначити, що при організації взаємодії з ремонтними службами рекомендується вимагати від останніх забезпечення запасу похибки на рівні заводського запасу (тобто $\gamma_{pz} \geq (0,3 \dots 0,6) \gamma_{кл}$), що є однією з необхідних умов подальшої ефективної експлуатації ЗВТ.

В теперішній час відомі і використовуються декілька способів визначення (обґрунтування) тривалості МПІ ЗВТ:

1) на підставі статистики відмов. Цей спосіб ефективний за умови, що відомими є показники метрологічної надійності ЗВТ, тобто існує емпірична модель змінювання похибки приладу за часом (на зразок розглянутої вище). При відомих параметрах моделі змінювання похибки за часом тривалість МПІ визначається моментом виходу похибки за нормований для цього ЗВТ допуск. Однак, значний розкид параметрів і характеристик процесу старіння ЗВТ зумовлює велику похибку розрахунку тривалості МПІ на основі таких моделей. Застосування методів розрахунку МПІ на основі статистики відмов вимагає великого обсягу експериментальних даних із процесів змінювання метрологічних характеристик різних ЗВТ за часом. Такі дослідження є дуже трудомісткими,

тому обсяг наявних у літературних джерелах статистичних даних стосовно процесів старіння приладів вкрай невеликий. У технічній документації на конкретний тип ЗВТ наводять, як правило, тільки відомості про середнє напрацювання на відмову, середній ресурс і термін служби. Цих даних недостатньо для отримання достовірного результату розрахунку терміну МПІ;

2) на підставі економічного критерію. Визначення тривалості МПІ цим способом полягає у вирішенні задачі вибору такого інтервалу часу, при якому можливо мінімізувати витрати на експлуатацію ЗВТ та усунути наслідки від можливих помилок, які зумовлюються похибками вимірювань. Вихідною інформацією для визначення МПІ є дані про вартість повірки та ремонту ЗВТ, а також дані про збитки від усунення приладу з експлуатації і від використання метрологічно несправного приладу. Основна складність при застосуванні цього способу полягає у наступному. Витрати на ремонт і повірку ЗВТ достатньо легко визначаються за нормативними документами. Але, на відміну від цих витрат, збитки від використання приладів з прихованими метрологічними відмовами на практиці, як правило, невідомі. Доводиться застосовувати наближені моделі, що описують збитки від експлуатації ЗВТ з прихованими метрологічними відмовами у вигляді функцій втрат того чи іншого виду;

3) довільне первинне призначення тривалості МПІ з наступним її коригуванням протягом усього терміну служби ЗВТ. В цьому випадку тривалість призначається виходячи з мінімального обсягу первинної інформації, а результати наступних повірок є вихідними даними для його коригування. Цей спосіб найбільш простий і, як наслідок, розповсюджений у сучасній метрологічній практиці.

При встановленні МПІ:

– для робочих еталонів, як правило, встановлюються фіксовані і єдині для всіх ЗВТ даного типу МПІ;

– для інших ЗВТ передбачається застосування обґрунтованих методик встановлення або подальшого коригування МПІ, тому що уніфікація МПІ в масштабі країни неможлива, оскільки ЗВТ одного й того ж типу можуть на різних підприємствах експлуатуватися в різних умовах, з різною інтенсивністю і т.д.

Розглянемо принципи встановлення та подальшого коригування МПІ.

Початковими даними для призначення МПІ є

– тип ЗВТ;

– умови експлуатації ЗВТ;

– інтенсивність експлуатації ЗВТ;

– допустимий коефіцієнт метрологічної придатності ЗВТ.

Під останнім розуміють відношення кількості n ЗВТ, визнаних при повірці придатними, до загальної кількості N повірених ЗВТ

$$K = \frac{n}{N}.$$

Усі ЗВТ розділяють на групи, що характеризуються спільністю вказаних параметрів. Допустиме значення коефіцієнту метрологічної придатності $K_{\text{доп}}$ встановлює фахівець відомчої метрологічної служби і затверджує головний метролог підприємства на основі економічного аналізу втрат від застосування несправних ЗВТ. Значення $K_{\text{доп}}$ береться, як правило, в діапазоні від 0,90 до 0,98, а для особливо відповідальних вимірювань – таким, що дорівнює 0,99 або 0,995. Прийняте значення $K_{\text{доп}}$ повинне бути не меншим, ніж вірогідність безвідмовної роботи, яка задана в технічних умовах для даного ЗВТ.

Вперше МПІ для сукупності однотипних ЗВТ, згрупованих за умовами застосування, призначають орієнтовно, виходячи з попереднього досвіду експлуатації. Значення МПІ обирають з ряду: 0,25; 0,5; 0,75; 1; 2; 3; 4; 6; 9; 12; $6 \cdot n$ місяців, де n – ціле додатне число.

В подальшому МПІ коригують за результатами періодичних повірок. Наприклад, нехай для ЗВТ, що входять до однієї групи, встановлені МПІ T_0 і коефіцієнт метрологічної придатності $K_{\text{доп}}$. Якщо за результатами періодичних повірок виявляється, що реальне відношення K кількості ЗВТ, визнаних придатними, до загальної кількості повірених ЗВТ є більшим, ніж $K_{\text{доп}}$, то МПІ може бути збільшений, якщо ж це відношення менше, ніж $K_{\text{доп}}$, то слід зменшити МПІ.

Наприкінці слід відзначити, що у деяких країнах світу лабораторії національної метрологічної служби не визначають термін дії результатів повірки, підкреслюючи тим самим, що значення похибок (поправок), визначені під час повірки, дійсні саме на момент повірки та можуть випадковим чином змінитися з часом. При цьому споживач самостійно вирішує, коли похибка може перебільшити допустимі межі, наприклад, створюючи та аналізуючи моделі процесу змінювання похибки з часом.

Нормування основної похибки ЗВТ. Під нормуванням розуміється встановлення меж на допустимі відхилення реальних МХ ЗВТ від їх номінальних значень. Тільки за допомогою нормування МХ можна добитися їх взаємозаміни і забезпечити єдність вимірювань в державі. Реальні значення МХ визначають при виготовленні ЗВТ і потім перевіряють періодично під час експлу-

атації. Якщо при цьому хоч би одна з МХ виходить за встановлені межі, то такий ЗВТ або піддають регулюванню, або вилучають з експлуатації.

Похибки ЗВТ за способом вираження розділяються на:

1) абсолютна похибка – різниця між вимірним X та істинним (дійсним) Q значеннями вимірюваної величини:

$$\Delta = X - Q. \quad (1.1)$$

Абсолютна похибка виражена в одиницях вимірюваної величини;

2) зведена похибка дорівнює вираженому у відсотках відношенню абсолютної похибки Δ до нормованого значення X_N вимірюваної величини:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100\%, \quad (1.2)$$

де значення X_N дорівнює, як правило, значенню межі вимірювань.

3) відносна похибка дорівнює вираженому у відсотках відношенню абсолютної похибки Δ до істинного Q (іноді вимірюваного X) значення вимірюваної величини:

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} 100\% = \left(\frac{X}{Q} - 1 \right) 100\%; \quad (1.3)$$

Характеристики точності (похибки) ЗВТ нормуються за допомогою класів точності згідно [2 – 4].

Клас точності – це узагальнена характеристика ЗВТ, що визначається межами допустимих основних і додаткових похибок, а також рядом інших властивостей, що впливають на точність здійснюваних з їх допомогою вимірювань.

Класи точності регламентуються стандартами на окремі види ЗВТ з використанням МХ і способів їх нормування.

Класи точності не встановлюються на ЗВТ, для яких передбачаються роздільні норми на систематичну і випадкові складові похибки, а також на ЗВТ, для яких нормовані номінальні функції впливу, а вимірювання проводяться без введення поправок на впливні величини. Класи точності не встановлюються і на ЗВТ, для яких істотне значення має динамічна похибка.

Для інших ЗВТ позначення класів точності вводиться залежно від способів завдання меж допустимої основної похибки (табл. 1.1).

Основною похибкою ЗВТ є похибка ЗВТ за нормальних умов його експлуатації.

Межі допустимої абсолютної основної похибки встановлюють по формулах

$$\Delta = \pm a \quad (1.4)$$

або

$$\Delta = \pm(a + bx), \quad (1.5)$$

де x – значення вимірюваної величини на вході (виході) ЗВТ або число поділок, відлічених за шкалою;

a, b – додатні числа, що не залежать від x .

Таблиця 1.1 – Правила побудови и приклади позначення класів точності

Форма вираження похибки	Межі допустимої основної похибки	Межі допустимої основної похибки, %	Позначення класу точності	
			в документації	на ЗВТ
Абсолютна	За формулою $\Delta = \pm a$ або $\Delta = \pm(a + bx)$		Клас точності М	М
Зведена	За формулою $\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p$ – якщо нормуюче значення виражено в одиницях величини на вході (виході) ЗВТ – якщо нормуюче значення прийнято рівним довжині шкали або її частини	$\gamma = \pm 1,5$	Клас точності 1,5	1,5
		$\gamma = \pm 1,5$	Клас точності 0,5	<u>0,5</u>
Відносна	За формулою $\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 = \pm q$ За формулою $\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 =$ $= \pm \left[c + \left(\left \frac{X_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	$\delta = \pm 0,5$	Клас точності 0,5	⓪,5
		$\delta = \left[0,02 + - \right.$ $\left. + 0,01 \left(\left \frac{X_k}{x} \right - 1 \right) \right]$	Клас точності 0,02/0,01	0,02/0,01
			Клас точності С	С

Вираження меж допустимої похибки у формі зведених і відносних похибок є переважним, оскільки вони дозволяють виражати межі допустимої похиб-

ки числом, яке залишається одним і тим самим (числами, які залишаються одними і тими самими) для ЗВТ одного рівня точності, але з різними верхніми межами вимірювань.

Межі допустимої зведеної основної похибки слід встановлювати за формулою

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100 = \pm p, \quad (1.6)$$

де Δ – межі допустимої абсолютної основної похибки;

X_N – нормуюче значення, виражене в тих же одиницях, що і Δ ;

p – абстрактне додатне число, вибране з ряду 6,0; 5,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; $5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $1 \cdot 10^n$ ($n = -1, -2, \dots$).

Класи точності ЗВТ, для яких межі допустимої основної зведеної похибки нормуються по наведеній формулі, позначаються однією цифрою, вибраною з ряду для чисел p і вираженою у відсотках. Якщо, наприклад, $\gamma = \pm 0,005 = \pm 0,5\%$, то клас точності позначається як 0,5 (без кола).

Межі допустимої відносної похибки δ встановлюють за формулою

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 = \pm q, \quad (1.7)$$

якщо межі допустимої абсолютна похибка розраховані за формулою (1.4), чи

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100 = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right], \quad (1.8)$$

якщо межі допустимої абсолютна похибка розраховані за формулою (1.5),

де X_k – більша (за модулем) з меж вимірювань;

c, d – додатні числа, вибрані з того ж ряду, що і p :

$$c = b + d; \quad d = \frac{a}{|X_k|},$$

де a, b – додатні числа, вибрані з того ж ряду, що і p .

ЗВТ, межі допустимої основної похибки яких задаються відотною похибкою за одночленною формулою (1.4), привласнюють класи точності, вибрана з ряду чисел p і рівна відповідним межам у відсотках. Так для ЗВТ з $\delta = 0,002$ клас точності позначається $(0,2)$.

Якщо межі допустимої основної відносної похибки виражаються двочленною формулою (1.5), то клас точності позначається як c/d , де числа c і d вибираються з того ж ряду, що і p , але записуються у відсотках. Так, вимірю-

вальний прилад класу точності 0,02/0,01 характеризується межами допустимої основної відносної похибки $\delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$.

У обґрунтованих випадках межі допустимих абсолютної або відносної похибок можна нормувати по складніших формулах або навіть у формі графіків чи таблиць.

Класи точності позначаються римськими цифрами або буквами латинського алфавіту для ЗВТ, межі допустимої похибки яких задаються у формі графіків, таблиць або складних функцій вхідної, вимірюваної або відтворюваної величини. До букв при цьому допускається приєднувати індекси у вигляді арабської цифри. Чим менше межі допустимої похибки, тим ближче до початку алфавіту має бути буква і тим менше цифра. Недоліком такого позначення класу точності є його чисто умовний характер.

Межі допустимих похибок мають бути виражені не більше ніж двома значущими цифрами, причому похибка округлення при обчисленні меж має бути не більше 5 %.

1.3 Контрольні завдання

Задача 1. Визначити межі відносної похибки електромеханічного вольтметра з межею вимірювання V_N та класом точності, позначеним згідно з табл. 1.2, на відмітці V .

Задача 2. Визначити межі абсолютної похибки амперметра класу точності c/d при показанні I на межі вимірювання I_N у відповідності до табл. 1.3.

Задача 3. Клас точності ватметра позначено відповідно до табл. 1.4. Визначити межі абсолютної похибки на відмітці W , враховуючи, що межа вимірювання становить W_N .

Таблиця 1.2 – Варіанти завдань до задачі 1

Варіант	Позначення класу точності	$V_N, В$	$V, И$	Варіант	Позначення класу точності	$V_N, В$	$V, И$
1	0,1	100	80	5	1,5	30	5
2	0,2	200	150	6	2,5	100	30
3	0,5	60	45	7	5,0	150	20
4	1,0	120	70	8	0,05	60	35

Продовження табл. 1.2

Варіант	Позначення класу точності	V_N , В	V , И	Варіант	Позначення класу точності	V_N , В	V , И
9	0,1	100	60	30	0,5	30	15
10	0,2	120	40	31	1,0	150	45
11	0,5	60	15	32	1,5	200	180
12	1,0	30	10	33	2,0	100	80
13	1,5	150	20	34	2,5	120	100
14	2,0	200	120	35	5,0	60	40
15	2,5	100	90	36	0,05	30	10
16	5,0	120	100	37	0,1	150	100
17	0,05	60	55	38	0,2	100	75
18	0,1	30	25	39	0,5	120	80
19	0,2	150	90	40	1,0	60	35
20	0,5	200	50	41	1,5	30	20
21	1,0	100	40	42	2,0	150	60
22	1,5	120	60	43	2,5	100	40
23	2,0	60	10	44	5,0	120	80
24	2,5	30	10	45	0,05	60	5
25	5,0	150	80	46	0,1	30	6
26	0,05	200	40	47	0,2	150	120
27	0,1	100	5	48	0,5	100	60
28	0,2	120	30	49	1,0	120	70
29	0,2	60	20	50	1,5	60	45

Таблиця 1.3 – Варіанти завдань до задачі 2

Варіант	Позначення класу точності	I_N , А	I , А	Варіант	Позначення класу точності	I_N , А	I , А
1	0,02/0,5	10	7	12	0,01/0,01	10	4
2	0,02/0,2	6	4,5	13	0,5/0,5	12	9
3	0,02/0,1	12	8	14	0,5/0,2	0,1	0,04
4	0,02/0,05	15	7	15	0,5/0,1	0,6	0,2
5	0,02/0,02	10	2	16	0,5/0,05	1	9
6	0,02/0,01	1	0,75	17	0,5/0,02	2	1,8
7	0,01/0,5	0,1	0,06	18	0,5/0,01	6	2,5
8	0,01/0,2	1	0,7	19	0,2/0,5	10	4
9	0,01/0,1	12	3	20	0,2/0,2	12	7
10	0,01/0,05	0,2	0,15	21	0,2/0,1	15	13
11	0,01/0,02	3	2,5	22	0,2/0,05	30	25

Продовження табл. 1.3

Варіант	Позначення класу точності	I_N, A	I, A	Варіант	Позначення класу точності	I_N, A	I, A
23	0,2/0,02	0,1	0,08	37	1,0/0,5	10	2
24	0,2/0,01	0,6	0,5	38	1,0/0,2	12	4
25	0,1/0,5	1	0,9	39	1,0/0,1	15	3
26	0,1/0,2	2	1,2	40	1,0/0,05	30	18
27	0,1/0,1	6	3	41	1,0/0,02	0,1	0,08
28	0,1/0,05	10	1	42	1,0/0,01	0,6	0,35
29	0,1/0,02	12	11	43	0,5/1,0	1	0,03
30	0,1/0,01	15	6	44	0,2/1,0	2	1,2
31	0,05/0,5	30	5	45	0,1/1,0	6	5
32	0,05/0,2	0,1	0,04	46	0,05/1,0	10	5
33	0,05/0,1	0,6	0,1	47	0,02/1,0	12	2
34	0,05/0,05	1	0,2	48	0,01/1,0	15	4
35	0,05/0,02	2	0,8	49	0,05/0,02	30	20
36	0,05/0,01	6	0,5	50	0,1/0,5	0,1	0,03

Таблиця 1.4 – Варіанти завдань до задачі 3

Варіант	Позначення класу точності	$W_N, Вт$	$W, Вт$	Варіант	Позначення класу точності	$W_N, Вт$	$W, Вт$
1	(2,5)	100	70	10	(0,5)	150	140
2	(1,5)	250	130	11	(2,5)	75	50
3	(1,0)	150	100	12	(2,0)	200	150
4	(0,5)	75	65	13	(0,1)	250	200
5	(1,5)	10	7	14	(1,5)	75	65
6	(0,2)	100	40	15	(1,0)	100	80
7	(0,1)	1	0,6	16	(0,5)	250	230
8	(2,5)	100	60	17	(2,5)	1	0,8
9	(1,5)	100	75	18	(1,5)	10	9

Продовження табл. 1.4

Варіант	Позначення класу точності	V_N , В	V , И	Варіант	Позначення класу точності	V_N , В	V , И
19	4,0	100	40	35	1,5	10	6
20	1,0	1000	700	36	0,1	100	30
21	0,2	1000	600	37	0,1	1	0,6
22	2,5	100	75	38	2,5	100	60
23	0,2	10	6	39	0,2	10	7,5
24	2,5	100	70	40	0,5	150	130
25	0,5	75	60	41	1,5	75	50
26	2,0	150	100	42	2,0	200	180
27	1,0	200	170	43	0,1	250	200
28	0,5	300	250	44	2,0	100	80
29	2,5	300	200	45	0,5	25	20
30	1,5	1000	800	46	2,5	1	0,8
31	2,5	100	80	47	2,5	10	9
32	2,5	250	120	48	4,0	100	40
33	1,0	200	100	49	1,0	1000	800
34	0,5	750	650	50	2,0	100	80

1.4 Приклади аудиторних задач

Задача 1. Визначити межі відносної похибки електромеханічного вольтметра з межею вимірювання $V_N = 10$ В та класом точності, позначеним 1,5, на відмітці $V = 7$ В.

Розв'язання задачі.

Наведене позначення класу точності відповідає зведеній похибці (табл. 1.1), тому межі абсолютної основної похибки ЗВТ в цьому випадку визначаються за формулою (1.6) $\Delta = \pm 0,15 \text{ В}$.

Межі відносної похибки визначаються за формулою (1.7) та дорівнюють $\delta = \pm 2,14\%$.

Задача 2. Визначити межі абсолютної похибки амперметра класу точності 0,01/0,005 при показанні $I = 4 \text{ мА}$ на межі вимірювання $I_N = 10 \text{ мА}$.

Розв'язання задачі.

Наведене позначення класу точності відповідає відносній похибці, тобто відповідно до формули (1.8) межі відносної похибки $\delta = \pm 0,0175\%$.

Межі абсолютної основної похибки ЗВТ в цьому випадку визначаються за формулою (1.7) $\Delta = \pm 0,0007 \text{ мА}$.

Задача 3. Клас точності ватметра позначено $\textcircled{2,5}$. Визначити межі абсолютної похибки на відмітці $W = 600 \text{ мВт}$, враховуючи, що межа вимірювання становить $W_N = 1 \text{ Вт}$.

Розв'язання задачі.

Наведене позначення класу точності відповідає відносній похибці, тобто відповідно до формули (1.7) межі абсолютної похибки $\Delta = \pm 15 \text{ мВт}$.

1.5 Контрольні запитання

1. Вкажіть на основні проблеми, що виникають при встановленні тривалості МПІ ЗВТ.

2. Наведіть формулу, що моделює поведінку прогресуючої похибки ЗВТ. Поясніть її.

3. Назвіть основні способи визначення тривалості МПІ ЗВТ. Вкажіть їх переваги та недоліки.

4. Що таке коефіцієнт метрологічної придатності? Як його застосовують на практиці?

5. Наведіть формули для розрахунку абсолютної, зведеної та абсолютної похибок.

6. Яким чином встановлюються межі допустимої абсолютної основної похибки ЗВТ?

7. Яким чином встановлюються межі допустимої зведеної основної похибки ЗВТ?

8. Яким чином встановлюються межі допустимої відносної основної похибки ЗВТ?

9. Яким чином вказується в документації ЗВТ та на самому ЗВТ клас точності, виражений абсолютною похибкою?

10. Яким чином вказується в документації ЗВТ та на самому ЗВТ клас точності, виражений зведеною похибкою?

11. Яким чином вказується в документації ЗВТ та на самому ЗВТ клас точності, виражений відотною похибкою?