

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

# **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання розрахунково-графічної роботи  
для студентів напряму підготовки 8.050502 «Технологія машинобудування»

Обговорено і рекомендовано до  
видання на засіданні кафедри  
технологій машинобудування та  
деревообробки  
протокол №9 від 14.06.16 р.

Чернігів ЧНТУ 2016

Метрологічне забезпечення сучасних технологій. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів напряму підготовки 8.050502 «Технологія машинобудування». – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 18 с.

Укладач: КОСМАЧ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технологій машинобудування та деревообробки

Відповідальний за випуск: СТУПА ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, доктор технічних наук, професор

Рецензент: ЄРОШЕНКО АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки Чернігівського національного технологічного університету

## **Зміст**

ВСТУП.....	4
1. МЕТА І ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ.....	5
2. ЗАВДАННЯ РГР.....	6
3. ЗМІСТ І ОБ'ЄМ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	8
4. ПЕРШИЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ НА РГР.....	9
5. ДРУГИЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ НА РГР .....	10
6. ТРЕТІЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ НА РГР .....	11
7. ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ РГР.....	12
8.ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ .....	17
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	18

## ВСТУП

Без вимірювань фізичних величин на сьогодні неможливо уявити існування не тільки технічних наук і промисловості, але й сільського господарства, біології, медицини, охорони довкілля та ін.

Саме рівень розвитку вимірювальної техніки і визначає загальний рівень розвитку науки і техніки та технічний прогрес у всіх галузях народного господарства. Тільки вимірювання, як джерело найбільш об'єктивної інформації, дають нам уяву про навколишній світ та формують у майбутніх фахівців інженерну думку та творчий підхід у питаннях реалізації вимірювального процесу. Тому вивченню основних методів вимірювань та засад створення засобів вимірювальної техніки, що ґрунтуються на даних методах, і приділяється відповідна увага при підготовці фахівців напряму «Інженерна механіка».

Слід зауважити, що поряд із знаннями про основні фізичні закони, що покладені в основу вимірювань, майбутньому спеціалісту необхідно засвоїти знання з розробки й проектування засобів вимірювань та джерел виникнення похибок останніх.

Саме тому розрахунково-графічна робота з дисципліни «Метрологічне забезпечення сучасних технологій», в ході якого майбутні інженери здобувають науковий досвід та конструкторські і проектні навички у розробці та удосконаленні засобів вимірювальної техніки, набуває все більшої ваги та значущості.

# 1. МЕТА І ЗАДАЧІ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Метою розрахунково-графічної роботи є закріплення, поглиблення та систематизація знань, отриманих студентами в процесі вивчення дисципліни, поглиблене вивчення теоретичних засад розробки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), математичного апарату, що використовується для створення таких ЗВТ і моделювання їх вимірювального процесу, набуття студентами практичних навичок проектування та розробки цих ЗВТ, а також розвиток творчого мислення, виявлення та формування професійних навиків майбутніх інженерів.

В процесі виконання розрахунково-графічної роботи від студента вимагається не лише засвоєння даної дисципліни, але й таких базових дисциплін як фізика, вища математика, електротехніка, хімія, числові методи та програмування на електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ)тощо.

В ході виконання розрахунково-графічної роботи з даної дисципліни перед студентами ставляться задачі з проектування та розробки нових засобів, приладів або методів для вимірювання основних параметрів технологічних процесів, удосконалення існуючих приладів і методів, аналіз можливості використання для вимірювання даного параметру ЗВТ чи їх складових іншого призначення тощо.

## 2. ЗАВДАННЯ РГР

Вихідним документом для виконання РГР з дисципліни “Експериментальні методи досліджень” є завдання, що видається студентові не пізніше, як за тиждень від початку семестру.

За поданням викладача кафедрою призначаються дні і години консультацій, а також проміжок виконання РГР. Виконання РГР здійснюється згідно календарного графіку, запропонованого студентом і погодженого з викладачем. В ході виконання РГР студент представляє викладачу власні підготовані рішення, викладач розглядає представлені матеріали (чернетки) і дає зауваження з обсягу і по суті виконаної роботи та виявлених у ній помилок, неточностей, недоробок тощо.

Розрахункова частина проекту здійснюється з обов’язковим використанням персонального комп’ютера (ПК). Після завершення студентом теоретичної частини РГР і підготовки вихідних даних для розрахунків на ПК викладач перевіряє їх і дає дозвіл студентові проводити необхідні розрахунки. Розроблені блок-схема та програма, а також виконані на ПК розрахунки представляються в РГР.

Допускається три варіанти завдань для виконання РГР:

➤ **розробка засобу вимірювальної техніки** для вимірювань певного набору технологічних параметрів чи інформаційно-вимірювального каналу для вимірювань технологічного параметру (тиск, температура, витрата, рівень, переміщення, концентрація, густина і т. ін.) з використанням стандартної елементної бази;

➤ **розробка нестандартного (нового) методу** або засобу вимірювальної техніки для вимірювань технологічного параметру;

➤ **розробка, виготовлення і налагодження нового засобу** вимірювальної техніки (або його макету) для вимірювань технологічного параметру або постановка діючої лабораторної роботи.

Тематика РГР вибирається викладачем з врахуванням тематики майбутньої дипломної роботи або з переліку тем, який наведений нижче:

1. Проектування засобу вимірювань витрати газу методом постійного перепаду тиску;
2. Проектування засобу вимірювань витрати газу методом змінного перепаду тиску;
3. Проектування засобу вимірювань витрати газу у магістральних газопроводах;
4. Проектування вузла вимірювань витрати газу методом звуження потоку;
5. Проектування засобу для вимірювань витрати нафтопродуктів;
6. Проектування ротаметра для вимірювань витрати легких нафтопродуктів;
7. Проектування витратоміра з обертовими елементами для вимірювань витрати нафтопродуктів;
8. Проектування витратоміра води;

9. Проектування приладу для вимірювань витрати енергоносія;
10. Проектування засобу контролю температурного режиму роботи технологічного процесу.
11. Проектування приладу для вимірювань температури енергоносія безконтактним методом;
12. Проектування роторного лічильника газу;
13. Проектування турбінного лічильника газу;
14. Проектування ультразвукового лічильника газу;
15. Проектування електромагнітного лічильника газу;
16. Проектування приладу для контролю густини нафтопродуктів;
17. Проектування засобу вимірювань концентрацій речовин;
18. Проектування приладу для контролю реологічних властивостей бурових розчинів;
19. Проектування засобу для вимірювань та автоматичного контролю тиску газу в магістральному газопроводі;
20. Проектування засобу для вимірювань та автоматичного контролю тиску теплоносія;
21. Проектування ультразвукового рівнеміра рідини;
22. Проектування електричного рівнеміра рідини.

### **3. ЗМІСТ І ОБ'ЄМ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ**

РГР складається з розрахунково-пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини (креслення, схеми, графіки, плакати), а також додатків у разі необхідності.

Допускається виконання РГР у вигляді розроблених, виготовлених і налагоджених оригінальних засобів вимірювання технологічного параметру або діючих лабораторних стендів.

У випадках, коли обсяг виконання такої роботи, що завершується представленням діючого макету засобу вимірювань або діючої лабораторної роботи, значний, допускається бригадний спосіб її виконання. Кількість студентів у бригаді визначається викладачем.

Зміст пояснювальної записки повинен відповідати варіанту завдання і повністю відображати прийняті рішення за темою РГР.



## 4. ПЕРШИЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ РГР

(розробка засобу вимірювальної техніки для вимірювань певного набору технологічних параметрів чи інформаційно-вимірювального каналу для вимірювань технологічного параметру (тиск, температура, витрата, рівень, переміщення, концентрація, густина тощо) з використанням стандартної елементної бази:

1. Титульний аркуш.
2. Завдання на проектування.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Перелік основних позначень.
6. Вступ.
7. Технологічна схема процесу (необхідність застосування інформаційно-вимірювальної системи, установки, окремих ЗВТ тощо). Опис технологічного процесу або його складової.
8. Обґрунтування вибору методу вимірювань заданого параметра. Опис та порівняння методів для вимірювання складових технологічного процесу.
9. Структурна схема прийнятого ЗВТ, вимірювального каналу (ІВС), а також опис алгоритму його функціонування.
10. Опис та схема первинного вимірювального перетворювача, чутливого елемента тощо.
  - 10.1. Принцип дії та розрахунок основних елементів інформаційно-вимірювальної системи.
  - 10.2. Конструкція перетворювача, чутливого елемента тощо.
  - 10.3. Проміжні перетворювачі (за необхідності).
11. Математичне моделювання процесу вимірювання складових технологічного процесу.
12. Метрологічний аналіз розробленої інформаційно-вимірювальної системи (накопичення похибок, визначення абсолютної та відносної похибки розробленого засобу).
13. Висновки по роботі.
14. Перелік використаних джерел.
15. Додатки (специфікації, програми та блок-схеми, результати обчислень на ПК).

## 5. ДРУГИЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ РГР

(розробка нестандартного (нового) методу або засобу вимірювальної техніки для вимірювань технологічного параметру)

1. Титульний аркуш.
2. Завдання на проектування.
3. Анотація.
4. Зміст.
5. Перелік основних позначень.
6. Вступ.
7. Аналіз існуючих аналогів ЗВТ та методів для вимірювання кількості чи витрати газу, або інших параметрів згідно завдання на РГР.
8. Обґрунтування та вибір алгоритму принципової методу або (структурної) схеми ЗВТ.
9. Розрахунок чутливого елемента та вузлів ЗВТ.
10. Конструювання ЗВТ.
11. Математичне моделювання процесу перетворення чутливого елемента ЗВТ. Конструкторські розрахунки.
12. Метрологічний аналіз ЗВТ.
13. Розробка конструкторської документації до розробленого ЗВТ.
14. Висновки по роботі.
15. Перелік використаних джерел.
16. Додатки (специфікації, програми та блок-схеми, результати обчислень на ПК).

## **6. ТРЕТІЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ РГР**

(розробка, виготовлення і налагодження нового засобу вимірювальної техніки (або його макету) для вимірювання технологічного параметру або постановка діючої лабораторної роботи)

В цьому випадку РГР складається з пояснювальної записки і діючого макета ЗВТ або діючої лабораторної роботи. Структура РГР наступна:

1. Титульний аркуш.
2. Завдання на проектування.
3. Обґрунтування та вибір принципової схеми ЗВТ (лабораторного стенду).
4. Розрахунок елементів схеми.
5. Експериментальне дослідження метрологічних характеристик ЗВТ і встановлення його класу точності.
6. Опис роботи даного засобу (лабораторного стенду).

## **7. ВИМОГИ ДО ЗМІСТУ ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ РГР**

Записка РГР оформляється на білому папері формату А4 (210x297 мм). ПЗ повинна бути надрукована на ПК (шрифт TimesNewRoman, розмір 14, інтервал 1,5).

Всі розділи крім вступу нумеруються згідно вимог ЄСКД - арабськими цифрами, крапки в кінці заголовків не ставляться. Формули в записці нумеруються арабськими цифрами в круглих дужках на одній горизонталі з ними по правому краю рядка. При цьому можна використовувати суцільну нумерацію або нумерацію в межах розділу.

Посилання на літературу подається в квадратних дужках по тексту. Перелік посилань на джерела може складатись як в алфавітному порядку, так і по мірі посилань на джерела. При посиланні на бібліографічне джерело у тексті вказується його порядковий номер у переліку. Номери сторінок не вказуються. На кожне джерело, приведене в переліку, повинне бути щонайменше одне посилання в тексті ПЗ.

Значення фізичних величин як в записці, так і в бібліографічній частині РГР, повинні подаватися в системі СІ.

Ілюстрації до РГР - схеми, діаграми, графіки і т.п. - слід виконувати чорним кольором на листах формату А4 або на міліметровому папері. Кожен рисунок (схема, графік тощо) разом з підписом до нього повинен розміщуватись на окремому аркуші. Допускається розміщення на одному аркуші двох рисунків з послідовною нумерацією. На всі ілюстрації повинні бути посилання в тексті. Пояснювальні дані (якщо потрібно) розміщуються під рисунком, нижче розміщуються номер рисунку та його назва.

Рівняння та формули слід виділяти з тексту окремими рядками, при чому віддаль від формули до тексту повинна бути рівною ширині одного рядка. Нижче формули через слово “де” даються пояснення величин, що до неї входять.

### **7.1 ПЕРШИЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ РГР**

(розробка засобу вимірювальної техніки для вимірювань певного набору технологічних параметрів чи інформаційно-вимірювального каналу для вимірювань технологічного параметру (тиск, температура, витрата, рівень, переміщення, концентрація, густина тощо) з використанням стандартної елементної бази:

#### **7.1.1 Вступ**

В цьому розділі вказується значення вимірювань вибраного параметра в контексті загальних задач інформаційно-вимірювальної техніки, дається короткий огляд відомих рішень, обґрунтовується значущість теми РГР, а також висвітлюється значення розробленої ІВС, вимірювального каналу або ЗВТ для підвищення ефективності виробництва. Об'єм розділу - 1–2стор.

### **7.1.2 Технологічна схема процесу (установки)**

В цьому розділі подається схема технологічного процесу та короткий опис апаратів, в яких він протікає. Вказуються допустимі відхилення технологічних параметрів і, зокрема, того, який підлягає вимірюванню. Формулюються вимоги до точності вимірювання параметра та швидкодії ЗВТ, що розроблятиметься.

### **7.1.3 Обґрунтування вибору методу вимірювання заданого параметру**

В залежності від особливостей технологічного процесу, на базі літературних джерел обґрунтовується метод вимірювання технологічного параметру та подаються його теоретичні основи. При виборі методу вимірювань слід враховувати принципову можливість забезпечення ним необхідної точності вимірювання та швидкодії, а також наявність у серійному виробництві елементної бази для його реалізації та її вартість.

### **7.1.4. Структурна схема ЗВТ, вимірювального каналу(ІВС) і алгоритм його функціонування.**

В цьому розділі дається обґрунтування структури ЗВТ, вимірювального каналу (ІВС), як в цілому, так і поелементно, від первинного вимірювального перетворювача (чутливого елемента) до пристрою (вузла) представлення інформації.

Під алгоритмом функціонування розуміється послідовність операцій збору вимірювальної інформації, її перетворення і обробки за певними математичними формулами (порівняння з завданням, усереднення, інтегрування тощо).

### **7.1.5 Первинний вимірювальний перетворювач, чутливий елемент тощо.**

В даному розділі описуються будова, принцип дії, особливості конструкції та технологія виготовлення первинного вимірювального перетворювача (перетворювачів) ІВС, вимірювального каналу, установки тощо, або ж чутливого елемента приладу. Описується його функція перетворення, подається розрахунок елементів, оцінюються чутливість та швидкодія. Розділ завершується комплексним аналізом похибок перетворювача чи чутливого елемента, а також оцінюванням похибки розробленого ЗВТ в цілому.

### **7.1.6 Проміжні перетворювачі**

При розробці ІВС, вимірювальних каналів, установок тощо слід орієнтуватися на їх комплектування проміжними перетворювачами серійного виробництва Державної системи промислових приладів (ДСП).

На рис.1 приведено типову структурну схему вимірювального каналу з проміжними перетворювачами. В ньому сигнал від первинного вимірювального перетворювача (ПВП) через нормуючий перетворювач (НП)

та гальванорозв'язку (ГР) подається в лінію зв'язку (ЛЗ). Далі через блок навантаження (БН) та комутатор сигналів (КС) сигнал надходить на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), процесор (П) та пульт оператора (ПО) або ПК.

Така сукупність засобів вимірювання і ліній зв'язку, розподілених у просторі, складає безперервне вимірювальне коло від перетворювача до вимірювального пристрою (рис. 1).

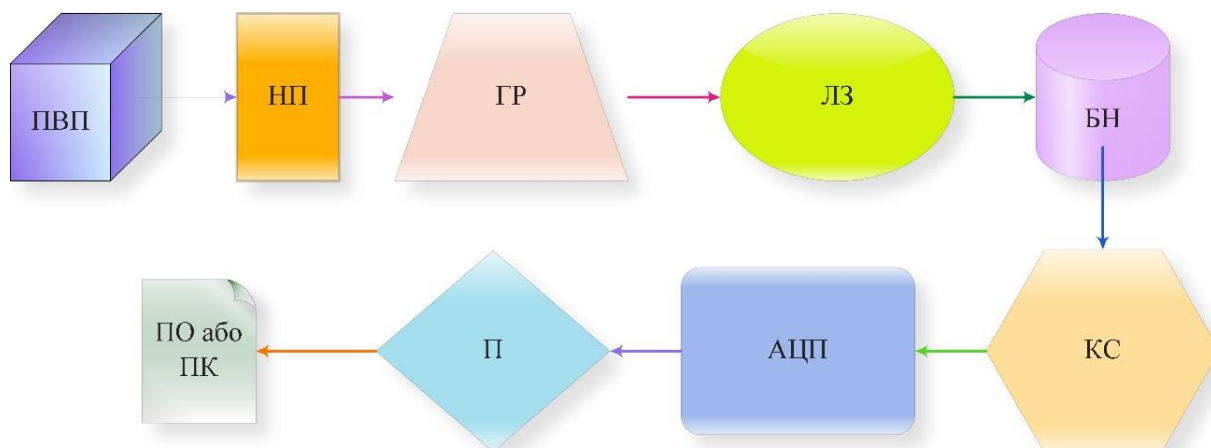


Рис. 1. - Загальна структурна схема вимірювальної системи

Вибір перетворювачів слід проводити з врахуванням їх інформаційних і метрологічних характеристик за каталогами на засоби ДСП. Згідно завдання РГР слід розглянути принципові схеми окремих проміжних перетворювачів і описати їх роботу.

### **7.1.7 Метрологічний аналіз розробленого засобу (схема накопичення похибок, визначення основної похибки засобу, метрологічне забезпечення засобу - за необхідності).**

Розділ присвячується оцінюванню факторів, що спричиняють похибку проєктованих ЗВТ чи вимірювального каналу (ІВС) та впливу цих факторів на загальну похибку. Розробляється схеми накопичення похибки, визначається сумарна приведена похибка як геометрична сума приведених похибок елементів ЗВТ чи каналу ІВС, які вибираються за даними каталогів на ДСП. Як приведені похибки елементів каналу можна приймати похибки, що регламентуються їх класами точності, причому такі похибки можуть бути віднесені до розряду невиключених систематичних похибок.

При розгляданні питань метрологічного забезпечення необхідно вибирати схему повірки ЗВТ чи вимірювального каналу (каналів ІВС), а також зразкові ЗВТ, що можуть бути використані для даної мети. При цьому виходять з концепції, що зразкові ЗВТ повинні бути по меншій мірі у 3...5 разів точніші від робочих ЗВТ. Верхня межа вимірювання зразкового ЗВТ повинна бути рівною або перевищувати верхню межу вимірювання ЗВТ, що

калібрується або повіряється.

### **7.1.8 Висновки по роботі**

Висновки повинні бути стислими (1...2 стор.) і включати короткі підсумки результатів виконаної студентом роботи, пропозиції їх використання, включаючи впровадження, оцінку техніко-економічної ефективності від впровадження результатів виконання РГР.

### **7.1.9 Перелік посилань на джерела**

В цей перелік включаються всі літературні джерела, використані в РГР включаючи каталоги, довідники, електронні посилання тощо.

### **7.1.10 Додатки**

В «Додатки» виносять специфікацію на розроблений ЗВТ та його вузли, програми, блок-схеми і результати обчислень на ПК, протоколи досліджень, графічний матеріал, таблиці великого формату, технологічні карти та інші допоміжні матеріали. Кількість додатків не обмежується. Аркуші додатків нумеруються, а вони самі позначаються буквами кирилиці А, Б, В, Г, ... Далі записується назва додатку. В змісті назва додатку не зазначається. В тексті записки обов'язкове посилання на кожний додаток.

## **7.2. ДРУГИЙ ВИД ЗАВДАННЯ РГР(розробка нестандартного (нового) методу або засобу вимірювальної техніки для вимірювання технологічного параметру)**

Розділи 7.1.2, 7.1.4, 7.1.5, 7.1.7–7.1.10 РГР виконуються за аналогією до аналогічних або подібних розділів РГР першого варіанту, описаних вище. Розглянемо детальніше вимоги до специфічних розділів РГР, виконаного згідно завдання другого виду.

### **7.2.1 Аналіз існуючих аналогів ЗВТ та методів для вимірювання зазначених параметрів**

В цьому розділі студент повинен відобразити проведений літературний пошук і пошук в мережі Internet та показати доцільність використання прийнятого методу або структури аналогу ЗВТ. Слід провести порівняльний аналіз щонайменше двох-трьох методів чи аналогів. В розділі обов'язкові посилання на проаналізовані літературні, патентні джерела і web-ресурси та аргументований висновок про пріоритет вибраного методу чи ЗВТ та його переваги в порівнянні з іншими.

### **7.2.2 Конструювання засобу вимірювальної техніки**

Виходячи з заданого діапазону вимірювання зазначеного параметру, чутливості і точності, на базі розробленої або прийнятої до цього принципової схеми ЗВТ, необхідно провести його конструювання. З цією метою вибираються матеріали конструкції і проводяться необхідні розрахунки її окремих вузлів. При конструюванні ЗВТ рекомендується

користуватись атласом конструкцій окремих елементів вимірювальних пристроїв [10, 12].

Розроблений ЗВТ повинен бути технологічним у виготовленні. Загальний вид ЗВТ з усіма необхідними розмірами, перетинами та проєкціями слід викреслити на окремому листі формату А3-А0. Найбільш складні чи специфічні деталі загального виду викреслюються на листах форматів А2, А3 або А4. На них обов'язково вказуються матеріал деталі, чистота обробки, маса, проставляються усі необхідні для виготовлення розміри, вказуються вимоги до термообробки, покриття тощо.

### **7.2.3 Метрологічний аналіз виготовленого засобу вимірювальної техніки**

Для метрологічного аналізу ЗВТ його умовно розділяють на окремі ланки і спершу оцінюють похибки кожної з них (тобто здійснюють компонентний аналіз), а потім їх сумують з метою знаходження загальної похибки (спосіб сумування встановлюється після визначення природи складових).

Детальніший опис правил та методики метрологічного аналізу нового ЗВТ наведено в [2, 3, 5].

### **7.3. ТРЕТІЙ ВАРІАНТ ЗАВДАННЯ РГР (розробка, виготовлення і налагодження нового ЗВТ або постановка діючої лабораторної роботи)**

Як і в попередньому виді РГР, деякі розділи завдання третього типу виконуються за аналогією до описаних вище. Тут розглянемо окремо вимоги до розділу цього завдання.

#### **7.3.1 Експериментальне дослідження метрологічних показників ЗВТ і встановлення його класу точності**

Клас точності ЗВТ - це безрозмірна величина, що чисельно дорівнює його основній відносній або приведеній похибці.

Спершу за допомогою вибраного зразкового ЗВТ проводять калібрування виготовленого приладу, а потім його повірку, в результаті якої оцінюють основну приведену похибку і приймають рішення про присвоєння йому відповідного класу точності.

Про принцип вибору зразкового ЗВТ йшлося вище.

Калібрування та повірку створеного ЗВТ здійснюють по меншій мірі в п'яти точках діапазону вимірювання, набираючи в кожній з точок масиви з принаймні 13-ти результатів. Для кожної точки визначають середнє арифметичне, знаходять і заносять в таблицю залишкові похибки, визначають СКВ. Довірчий інтервал визначають для ймовірності 95%, нормального закону розподілу випадкових похибок і квантилі Стюдента  $K=2,1604$ . За найбільшим отриманим значенням довірчого інтервалу (для однієї з п'яти точок шкали ЗВТ) роблять висновок про присвоєння ЗВТ того чи іншого класу точності.



## 8. ОФОРМЛЕННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

Графічна частина оформляється відповідно до діючих стандартів та системи ЄСКД, з врахуванням вимог ГОСТ, ДСП та ДСВ. Загальні вимоги та приклади оформлення елементів графічної частини проекту наводяться в [1]. Графічна частина виконується на 1...3 листах формату А1 і повинна включати наступні креслення.

### **За варіантом завдання першого типу:**

1. Загальна функціональна схема ЗВТ або та його частина, що містить проєктований вузол чи елемент; вимірювальний канал чи ІВС або та його частина, що містить проєктований вузол чи елемент;
2. Структурна схема ЗВТ чи вимірювального каналу (ІВС);
3. Конструкція первинного перетворювача чи чутливого елемента і його деталювання;
4. Принципова електрична, пневматична чи інша схема каналу (ЗВТ) з первинним перетворювачем (чутливим елементом), проміжними і вторинними приладами (вузлами);
5. Схема накопичення похибки ЗВТ.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бурдун, Г. Д. Основы метрологии [Текст] / Г. Д. Бурдун, Б. Н. Марков. – Учеб. Пособие, изд. 2-е. — М.: Изд. стандартов. — 1975. — 336 с.
2. Полищук, Е. С. Измерительные преобразователи [Текст] / Е. С. Полищук. – Учебник К.: Вища школа. — 1981. — 296 с.
3. Долинский, Е. Д. Обработка результатов измерений [Текст] / Е. Д. Долинский. — Л.: Изд. стандартов. — 1973. — 190 с.
4. Исакович, Р. Я. Технологические измерения и приборы [Текст] / Р. Я. Исакович. – Учебник для ВУЗов. — М.: Недра. — 1979. — 344 с.
5. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества [Текст] / П. П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение. — 1989. — 701 с.
6. Кошарский, В. Д. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины [Текст] / В. Д. Кошарский. – Справочник под редакцией В. Д. Кошарского, 5е изд. — Л.: Машиностроение. — 1990. — 485 с.
7. Кошарский, Б. Д. Справочные материалы по автоматическим приборам и регуляторам [Текст] / Б. Д. Кошарский. — М.: Машиностроение. — 1976. — 488 с.
8. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник [Текст]. - Івано-Франківськ: «Сімик», 2004. – 160 с.
9. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник [Текст] / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Видавництво «Бескід Біт», 2003. – 544с.
10. Тищенко, О. Ф. Атлас конструкций элементов приборных устройств [Текст] / О. Ф. Тищенко. — М.: Машиностроение. — 1982. — 116 с.