

Осідак Андрій Володимирович

Розробка та дослідження автоматизованої системи для визначення витрати і температури неагресивних нев'язких рідин.

Керівник: к.т.н., доц. кафедри КТ Левицький Віталій Васильович.



# ЗМІСТ

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ, СИМВОЛІВ,

### СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

5

### ВСТУП

6

## 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

8

### 1.1 Призначення і склад КНВ

8

### 1.2 Будова і принцип дії КНВ

9

### 1.3 Класифікація засобів вимірювань тиску

10

#### 1.3.1 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри трубні рідинні

12

#### 1.3.2 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри показуючі

#### пружинні

13

#### 1.3.3 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри

#### пружинні електроконтактні

15

#### 1.3.4 Рідинні манометри

15

#### 1.3.5 Деформаційні манометри

16

### 1.4 Вимірювання витрат рідини, газу і пари

18

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

24

### 2.1. Розрахунок витратоміра змінного перепаду тиску

24

### 2.2. Розрахунок і вибір автоматичного електронного моста для

### вимірювання температури

31

### 2.3. Конструктивний розрахунок реохорда

35

### 2.4. Вибір та технічний аналіз метрологічних характеристик

#### блоків ІВК

36

#### 2.4.1 Технічні характеристики блоків ІВК

36

## 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

38

### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційного вимірювального

#### каналу

38

#### 3.1.1 Структурна схема інформаційного вимірювального каналу

38

### 3.2 Визначення складу блоків ІВК

39

### 3.3 Дифманометр Сапфір 22М ДД

40

### 3.4 Автоматичний потенціометр КСП 3

41

3.5 Термоперетворювач опору типу ТСП-8053	42
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	43
4.1. Вибір і обґрунтування технічного рішення та завдання	43
4.2 Розрахунок і дослідження сумарної похибки ІВК	46
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	48
5.1 Вибір і аналіз технічних і метрологічних характеристик блоків ІВК	48
5.1.1 Термопара хромель-копелева	48
5.1.2 Компенсаційні лінії	49
5.1.3 Пневмосилові перетворювачі	50
5.2 Алгоритми функціонування блоків і основної програми ІВК	51
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	57
6.1. Міри безпеки при виконанні регульовальних робіт з хімічними речовинами	57
6.2. Розрахунок штучного освітлення для диспетчерської	58
6.3 Методи захисту від впливу електромагнітного імпульсу	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	64
ДОДАТКИ	65

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСУ – автоматизована система управління;

ВП – вторинний прилад;

ДСП – державна система приладів;

ДМ – диференціальний манометр;

ІВК – інформаційно-вимірювальний канал;

ПП – первинний перетворювач;

ПЗО – планово-запобіжний огляд;

ПЗР – планово-запобіжний ремонт;

РД – реверсивний двигун;

ЗУ – звужуючий пристрій;

ТСП – термоперетворювач опорів платиновий;

ТП – технологічний процес;

ЕП – електронний підсилювач.

## ВСТУП

Розвиток наукової енергетики дозволив вирішити людству проблему, що стала актуальною із зростанням науково – технічного прогресу і розвитком промислових потужностей. Проте, разом з тим промислова енергетика висунула серйозні проблеми запобігання аваріям, прогнозування і профілактика яких, тісним чином пов'язана з автоматизованими системами управління (АСУ).

Враховуючи це, вимірювання фізичних величин є основним засобом контролю різних технологічних процесів (ТП). Передача, накопичення і обробка даних, отриманих в ході технологічних вимірювань, головним чином залежить від якості інформаційно-вимірювальних каналів (ІВК), їх технічних і метрологічних характеристик.

Метою вимірювання є вивід інформації про вхідну (вимірювану) величину з вихідного сигналу вимірювальної системи з урахуванням її властивостей і характеристик. Вихідний сигнал формується при взаємодії вимірюваної величини, внутрішніх параметрів вимірювальної системи і зовнішніх дій в інформаційно-вимірювальних каналах (ІВК) [4].

Автоматизовані системи управління (АСУ) мають різні підсистеми, що гармонійно поєднують в собі централізовані і децентралізовані засоби контролю і управління. Вони вимагають значної кількості і різноманітності засобів вимірювань, що забезпечують вироблення сигналів у формі, яка дозволяє дистанційну передачу, збір, подальше перетворення, обробку і представлення її. Автоматизована система покликана вирішувати три основні групи функцій – інформаційні, такі, що управляють і допоміжні.

У інформаційні функції входять збір і обробка, розподіл і представлення інформації про роботу устаткування у ході технологічного процесу, а також виконання розрахунків, пов'язаних з ефективністю роботи технологічного

устаткування. Дана функція здійснюється по засобах використання в системах і підсистемах інформаційно-вимірювальних каналів технологічних параметрів.

Проектування ІВК є сукупністю засобів вимірювання витрати і температури етилового спирту.

Суть методу вимірювання витрати витратомірами на основі змінного перепаду тиску полягає в тому, що в трубопроводі, по якому протікає вимірюваний потік, встановлюється звужуючий пристрій з отвором постійного перетину. При протіканні речовини через цей отвір частина потенційної енергії потоку переходить в кінетичну, що супроводжується збільшенням швидкості потоку в місці звуження і зменшенням тиску після звужуючого пристрою. Різниця тиску до і після звужуючого пристрою залежить від кількості речовини, що проходить по трубопроводу. По різниці тиску визначають витрату, яка залежить від температури і робочого тиску вимірюваного середовища.

## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Канали нейтронні вимірювальні (КНВ)

### 1.1 Призначення і склад КНВ

КНВ призначені для контролю розподілу щільності іонів по висоті і радіусу активної зони середовища, шляхом безперервного перетворення нейтронного випромінювання в електричні сигнали. До складу КНВ також входить термопара, тому вони можуть використані для вимірювання температури теплоносія.

Умови експлуатації занурюваної частини КНВ:

- Швидкість теплоносія, омиваного канал, не меншого 3 м/с;
- Температура теплоносія, не більше 330-350<sup>0</sup> С;
- Робочий тиск – для модифікації каналів 3 і 4 – 125 кг/см, для модифікації каналів 2 і 5 – 183 кг/см.

Основні технічні дані КНВ:

1. Базові розміри: відстань від нижнього кінця занурюваної частини арматури до центру емітера

для 1	215 +-3 мм
для 2 і 5	425+-3 мм
для 4	200+-1 мм.

2. Опір ізоляції електричних ланцюгів – не менш 250 кОм на 1 м детектора, включаючи і лінії зв'язки, що знаходяться в активній зоні.

3. Відтворюваність початкової чутливості не гірша +-20 %, відтворюваність фонові жили не гірша +-10 %.



4. Корисний сигнал детектора повинен складати не менш 80% від результуючого сигналу.

5. Номінальні статичні характеристики перетворювача термопар повинні відповідати вимогам ГОСТу для термопар типу ТХА.

6. КНВ відносяться до категорії невідновлюваних і неремонтованих виробів. Ознакою відмови КНВ є відмова двох основних детекторів. В цьому випадку не враховуються фонові детектори. Вірогідність безвідмовної роботи КНВ складає 10000 годин.

## 1.2 Будова і принцип дії КНВ

КНВ є виробом, в якому встановлено 7 детекторів. Покази кожного детектора дають інформацію про щільність потоку нейтронів в активній зоні. КНВ забезпечує вимірювання середнього значення щільності потоку нейтронів для касети, в якій він встановлений.

Детектори є генераторами струму і складаються з колектора і емітера. Як емітер використовують матеріал, який при опромінюванні нейтронами дає радіоактивний ізотоп, що розпадається з утворенням заряджених частинок. Виходячи з емітера, ці частинки заряджають його позитивно, створюючи різницю потенціалів між емітером і що збирає частинки колектором, який заземлений. Утворюється струм, пропорційний щільності нейтронів (поток нейтронів) в місці установки детектора.

У КНВ лінії зв'язку детектора захищені від механічних пошкоджень. Для КНВ-4 – це металеві рукави. Тепловий контакт гарячого спаю термопар із стінкою арматури забезпечує застосування плоских пружин. Покази термопар дають інформацію про температуру теплоносія на виході з касети, в якій КНВ встановлений.

ДПЗ розташовані на захисному екрані уздовж його осі, при чому так що чутлива частині – емітери і лінії зв'язку ДПЗ, знаходяться по різні сторони екрану, товщина якого достатня, щоб виключити вплив електронів, що

виникають в емітері, на лінії зв'язку сусідніх детекторів. Арматура КНВ забезпечує розміщення детекторної частини в корпусі установки, а також захищає детектор і термопари від дії теплоносія і герметизує місця виходів каналу.

Електричний з'єднувач служить для передачі сигналів детекторів до вимірювального комплексу за допомогою кабельних ліній.

Підприємство-виготівник, умовне позначення, і тип каналу, заводський номер, в якому дві останні цифри, – цифри року і місяця виготовлення - інформація, що наноситься на КНВ.

Для КНВ потрібно використовувати такі вимірювальні прилади при вимірюванні струму, щоб вхідний опір не був більше 100 Ом, а опір ізоляції детектора сумісний з лінією зв'язку повинно бути не меншим 250 Ом на 1м довжини лінії зв'язку.

Кожен детектор повинен бути включений на вимірювальний прилад, або закорочений на опір, рівний опору вимірювального приладу (не більше 100 Ом).

### 1.3 Класифікація засобів вимірювань тиску

Вимірювання тиску ґрунтується головним чином на урівноваженні діючого зусилля за допомогою стовпа рідини або за рахунок пружної деформації різних чутливих елементів.

а) Залежно від межі вимірювання манометри діляться на групи :

- Манометри;
- Вакуумметри;
- Манометри абсолютного тиску;
- Тяго – і напорометри – для вимірювання невеликого вакуумметричного і надмірного тиску;
- Барометри\_ для атмосферного тиску;
- Диференціальні манометри.

б) За принципом дії манометри, вживані на підприємствах можуть бути розділені на 4-і основні групи:

- Рідинні манометри, засновані на гідростатичному принципі дії, де тиск який вимірюється врівноважується тиском стовпа манометричної рідини.

До них відносяться:

а) двотрубні (U – образні) манометр або вакуумметр;

б) однотрубний (чашковий) манометр з постійним або змінним кутом нахилу.

Вони застосовуються як манометри для вимірювання надмірного тиску повітря або газів до 7000Па і 0,1Мпа, розрядки газових середовищ до 7000Па, вакуумметрів для вимірювання вакууму до 0,101Мпа і диференціальні манометри для газів, близьких до атмосферного, до 7000Па і неагресивних рідин, газів і пари тих, що знаходяться під тиском більш 0,1Мпа, до 0,09Мпа;

- Деформаційні або пружинні манометри, в яких вимірюваний тиск або різниця тиску визначається по деформації пружного елемента.

Як пружні елементи застосовують переважно:

а) трубчасті пружини різної конфігурації;

б) мембрани: плоскі і з гофрами;

в) мембранні коробки;

г) сільфони і ін.

Вони використовуються для вимірювання абсолютного тиску газів і неагресивних рідин в широкому діапазоні від 50 до  $2,5 \cdot 10^5$ Па, надмірного тиску і розрядки від  $-1 \cdot 10^5$  до  $1 \cdot 10^9$ Па, різниці тиску від 10 до  $4 \cdot 10^7$ Па. Знак "мінус" перед значенням тиску означає розрядку.

- Електричні манометри, принцип дії котрих заснований на залежності електричних параметрів перетворювача від вимірюваного тиску.

До їх числа можуть бути віднесені:

- а) термопарний манометр;
- б) електронний іонізаційний манометр;
- в) магнітний електророзрядний манометр;

Ці прилади широко використовуються на АЕС.

в) По вигляду представлення інформації манометри прийнято розділяти на ті, що показують і самописні. У них може бути вбудовано дво- або трипозиційний сигнальний пристрій або додаткові контрольні стрілки.

г) По конструктивному оформленню манометри діляться на щитові (профільні) для установки по місцю із способом кріплення штуцером або фланцем. Розташування фланця може бути заднє і переднє, а штуцера - радіальне і осьове.

д) За ознакою метрологічного призначення манометри розділяються на три групи:

- технічні (ГОСТ 2405-72), такі, що мають класу точності від 0,6 до 4;

- лабораторні (ГОСТ 6400-69) класу точності від 0,6 до 1;

- зразкові (ГОСТ 6521-72), класу точності від 0,15 до 0,25 службовці для перевірки по ним інших манометрів.

- По класу точності манометри діляться на:

- Технічні - класу точності від 0,6 до 4;

- Зразкові - від 0,15 до 0,25.

1.3.1 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри трубні рідинні

Не дивлячись на свою простоту, відносно високу точність і дешевизну рідко застосовуються. У лабораторії вони іноді можуть використовуватися при перевірці робочих приладів.

Напоромери, тягонапоромери мембранні і тягоміри.

Призначаються для вимірювання вакуумметричного або надмірного тиску неагресивних газів або повітря.

Верхня межа вимірювання для тягомірів від 16 до 4000 кгс/см<sup>2</sup>; для напоромірів від 16 до 4000 кгс/см<sup>2</sup> і для тягонапоромірів від 16 до 4000 кгс/см<sup>2</sup>.

Як чутливий елемент використовується герметична мембранна коробка. Середовище тиску якої вимірюється через штуцер, подається у внутрішню порожнину мембранної коробки.

Різницю тиску викликає переміщення провідного штифта, припаяного до верхньої мембрани (її центру), яке за допомогою повідця і важеля передається через тягу на вісь стрілки.

Стрілка встановлюється на нуль коректором.

Допустимий статичний тиск не більше 0,25 кгс/см<sup>2</sup>.

Клас точності приладів від 1,5 до 2,5.

### 1.3.2 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри показуючі пружинні

У атомній енергетиці найбільшого поширення набули манометри, вакуумметри і мановакуумметри, що показують пружинні з трубчастою одновітковою пружиною.

Прилади з трубчастою одновітковою пружиною випускаються з верхньою межею вимірювання від 1-10000 кгс/см<sup>2</sup> по ГОСТ 2405-63 і 8625-65.

Прилади з трубчастою одновітковою пружиною залежно від їх призначення розділяються на робочі і зразкові.

Робочі прилади підрозділяються на прилади високої точності, контрольні і технічні.

Контрольні показуючі прилади, призначені для перевірки технічних манометрів на місці їх установки, виготовляються класу точності 0,6 зі стрілкою і можуть бути виконані класу точності 1 з двома стрілками.

Технічні прилади випускаються класу точності від 1 до 4.

У механізмах важелів повідець пов'язаний з дугоподібним важелем, жорстко, що скріплює із стрілкою приладу, що сидить на загальній з ним осі.

У всіх передавальних механізмах є спіральна пружинка, призначена для усунення люфту.

Манометри типу СВ, що має секторний передавальний механізм, виготовляються з верхньою межею вимірювання від 1600 до 10000 кгс/см<sup>2</sup>.

Вакуумметри (аналогічні манометрам) - від -1 до 0 кгс/см<sup>2</sup>.

Мановакуумметри з одинарною пружиною відрізняються від розглянутого вище манометра шкалою, яка виконана двохсторонньо.

Манометри і вакуумметри підвищеної точності нічим не відрізняються від серійних технічних манометрів.

1.3.3 Манометри, вакуумметри і мановакуумметри пружинні електроконтактні

Прилади, призначені для вимірювання рідких і газоподібних середовищ в умовах, де необхідна сигналізація про досягнення меж робочого тиску. Вони виконуються у вигляді манометрів, вакуумметрів і мановакуумметрів.

У манометрі електроконтакту типу ЕКМ використовується одновіткова трубчаста пружина.

По пристрою прилад типа ЕКМ відрізняється від розглянутого манометра з трубчастою пружиною лише наявністю спеціальних контактів.

Якщо вимірюваний тиск середовища зменшиться до нижнього значення, на який встановлений лівий контакт, стрілка замкне контакт і включиться світловий сигнал.

Якщо ж тиск середовища збільшиться до верхнього заданого, то стрілка за допомогою контакту замкне правий контакт, а отже і ланцюг червоної лампи - Лк.

Електроконтакти типу ЕКМ випускаються з верхніми межами вимірювання від 1 до 1600 кгс/см<sup>2</sup>.

Манометри типа ЕКВМ виготовляються з верхньою межею вакуумметричного тиску до 1 кгс/см<sup>2</sup>, а надмірного тиску від 1 до 24 кгс/см<sup>2</sup>.

Вакуумметри електроконтактів типа ЕКВ виконуються з верхньою межею вакуумметричного тиску 1 кгс/см<sup>2</sup>.

Прилади типа ЕКМ випускаються класу точності 1,5.

#### 1.3.4 Рідинні манометри

У рідинних манометрах величиною, що характеризує вимірюваний тиск, служить висота стовпа (рівень) рідини, що зрівноважує вимірюваний тиск. У них за принципом сполучених посудин, в яких рівень робочих рідин співпадає при однаковому тиску над ними, а при невідповідності займають таке положення, коли надмірний тиск в одній з судин стабілізується гідростатичним тиском надмірного стовпа рідини в іншому. Випускаються однотрубні (чашкові) і двотрубні (U - образні) манометри. Як робоча рідина використовується дистилююча вода, ртуть, спирт етиловий.

Рідинні манометри є простими і точними приладами. Застосовуються головним чином, для лабораторних досліджень і при налагоджувальних роботах. Діапазон вимірювань - 0,2 МПа.

Найширше застосовуються двотрубні рідинні манометри. Їх використовують для вимірювання тиск і різниці тиску. Їх називають U - образними.

Два трубні манометри випускаються з діапазоном свідчень: 100, 160, 250, 400, 600, 1000 мм стовпа рідини. Для підвищення точності U - образні прилади забезпечують дзеркальною шкалою.

Чашковий (однотрубний) манометр складається з циліндричного резервуару і скляної трубки.

Площа перетину резервуару значно більше, чим вимірювальної трубки, тому при одному і тому ж тиску висота стовпа рідини в трубці буде вища, пропорційно різниці перетинів.

Під дією різниці тиску рідина у мірній трубці підніметься на висоту  $h_1$ , а в широкому резервуарі опускається на висоту  $h_2$ . Отже, висота стовпа  $h$  відповідає вимірюваній величині і буде рівна:

$$h = h_1 + h_2.$$

У зв'язку з тим, що відлік ведеться тільки по вимірювальній трубці, але рівень рідини в широкій судині також знижується, висота стовпа відрізняється від свідчень на шкалі. Тому вводять поправку. Якщо відношення діаметрів  $d_2/D_2$  рівне  $1/400$ , то при підвищенні рівня робочої рідини у мірній трубці на висоту  $h_1$  в широкому резервуарі рівень рідини знизиться на  $0,0025h_1$ , тобто на  $0,25\%h_1$ . Похибка вимірювання рівна

$$\Delta = 0,0025,$$

де  $\Delta$  - похибка відліку стовпа рідини.

Приклад: якщо  $h = 700$  мм.р.с., - похибка відліку стовпа  $h_1$  складає:  $0,0025 \cdot 700 = 1,75 = 2$  мм. вод. ст.

Таким чином, похибка вимірювання однотрубним манометром вище, ніж двотрубним, але однотрубні володіють великою зручністю.

На основі рідинних манометрів будуються також мікроманометри. Вони застосовуються для вимірювання малого тиску. Підвищення чутливості досягається за рахунок нахилу вимірювальної трубки.



### 1.3.5 Деформаційні манометри

Принцип роботи їх оснований на залежності деформації пружного чутливого елемента від вимірюваного тиску. Чутливі елементи мають спеціальну конструкцію, що реалізовує лінійну залежність переміщення робочої крапки від вимірюваного тиску.

Найбільш поширені пружні елементи: трубчасті пружини, сільфони, мембрани, мембранні коробки, м'яві мембрани (з жорстким центром). Прості пружні елементи: плоскі і опуклі мембрани.

Плоскі мембрани це круглі тонкостінні пластини у яких стала товщина. Вони виготовляються із сталі і бронзи. Мембрани закладені по краях і при підвищенні тиску зазнають деформацію. Деформація має невелику величину. Мембрани володіють малою інерційністю. Вони застосовуються з перетворювачами, що не вимагають великих переміщень: п'єзоелектричними, тензорезисторними, місткостями. Опуклі мембрани використовуються в реле тиску для сигналізації високого тиску. Гофрована мембрана у вигляді кільцевих хвиль випрямляє характеристики мембрани і підвищує надійність її роботи.

Гофровані одинарні мембрани, як чутливі елементи, практично не застосовуються. Вони застосовуються у вигляді гофрованих коробок, утворених двома спаяними мембранами. Для вимірювання перепаду тиску застосовується блок з двох мембранних коробок. При різниці тиску рідина переходить з однієї коробки в іншу.

Сільфон є тонкостінною гофрованою трубкою. Вони застосовуються для вимірювання порівняно не великого тиску (до 40000Па). Жорсткість залежить від матеріалу і геометричних параметрів. У тих випадках, коли необхідно збільшити жорсткість, його забезпечують гвинтовою циліндровою пружиною.

Трубчасті пружини виготовляють у вигляді одновіткових. Зігнутих по дузі круга трубок еліптичного або плоскоовального перетину.

Центральна вісь пружини є дугою кола з кутом  $\gamma = 200 - 270^\circ$  Пружини еліптичного і плоскоовального перетини називаються трубками Бурдона. Один кінець пружини Бурдона закріплюється не рухомо, інший вільний, запаятий, сполучають з механізмом приладу, перетворювачем або іншим пристроєм. Під тиском, що подається у внутрішню пустотілість трубки, пружини Бурдона деформуються в поперечному перетині.

#### 1.4 Вимірювання витрат рідини, газу і пари

Вимірювання витрат речовин, що беруть участь в технологічних і теплоенергетичних процесах, грає важливу роль на підприємствах. Оптимізація таких процесів, як відведення тепла від двигунів, теплопередача від Твелів, теплообмін значною мірою визначається витратою теплоносія. Витрати теплоносія, пов'язані з його гранично допустимими температурами, вимагає високого ступеня точності вимірювання витрат речовини.

На Тереховлянському переробному комбінаті вимірюються витрати рідини, газу або рідкого металу, циркулюючого в першому контурі, а так само пари, що виробляється генераторами і рідині, що йде на підживлення першого контура. Крім того вимірюють витрату води, що поступає в парогенератори і теплоносії, що поступає в робочі канали і т.п.

Що ж таке витрати речовини?

Витрата речовини - це певна кількість речовини, яка проходить за одиницю часу.

Кількість і витрата речовин вимірюються в об'ємних і масових одиницях. Об'ємні одиниці вимірювання: л/година, м<sup>3</sup>/сек, м<sup>3</sup>/год. Масові одиниці вимірювання: кг/сек, кг/год, т/год.

Перехід від об'ємних одиниць витрат до масових і назад проводиться по формулі:

$$Q_m = Q_{об} \cdot \rho$$

$$Q_{об} = \frac{Q_m}{\rho}$$

де  $Q_m$  - масова витрата речовини, кг/год;

$Q_{об}$  - об'ємна витрата речовини, м<sup>3</sup>/год;

$\rho$  - густина речовини.

Витратомір - це вимірювальний прилад, призначений для вимірювання витрат речовини.

У загальному випадку витратомір складається з:

Первинного вимірювального перетворювача, сполученого імпульсною лінією з проміжним вимірювальним перетворювачем. Від нього вимірювальна інформація передається на масштабний вимірювальний перетворювач і далі на вторинний прилад або реєструючий прилад.

Розглянемо структурну блок-схему витратоміра.

Витратоміри бувають такими, що показують, самописними і з дистанційною передачею уніфікованого сигналу датчика ( струмового, індуктивного і д.р.). часто вони забезпечуються вбудованим рахунковим механізмом.

Для визначення витрат і кількості речовини застосовують методи вимірювання:

- а) - постійного перепаду тиску;
- б) – змінного перепаду тиску;
- в) - швидкісний;
- г) - об'ємний;
- д) - ваговий;
- е) - радіоізотопний і т.д.

Кожний з перерахованих вище методів вимірювань має певні достоїнства і недоліки. Наприклад метод змінного перепаду тиску і швидкісною як переважно наділені простотою і компактністю вимірювальних приладів, а об'ємний і ваговий характеризуються високою точністю.

Вимірювальні прилади, поділяються на групи:

- 1) постійного перепаду тиску;
- 2) змінного перепаду тиску;
- 3) крильчасті;
- 4) електромагнітні;

Широко розповсюдженими є витратоміри постійного перепаду тиску.

Можна створити вимірювальний пристрій, який підтримуватиме перепад тиску постійним, а пропорційно витраті буде змінюватися прохідний перетин рухомого гідравлічного опору в потоці вимірюваного середовища.

Слід відмітити, що до приборів з постійним перепадом тиску відносяться ротаметри, поршневі і поплавцеві витратоміри.

Ротаметри застосовуються для вимірювання плавно змінного об'єму витрат однорідних потоків чистих або слабо забруднених рідин або газів.

Для дистанційної передачі свідчень застосовують ротаметри, металевий корпус і забезпечені вимірювальним перетворювачем, що передає, з електричним вихідним сигналом. Ці ротаметри працюють в комплексі з вторинним диференціально-трансформаторним приладом.

Один з таких ротаметрів, використовуваний для контролю рідких металів, має конічний поплавець, який переміщається усередині кільцевої діафрагми під дією що проходить з низу у верх потоку рідини. При підйомі поплавця прохідний отвір між робочою поверхнею поплавця і внутрішньою кромкою діафрагми збільшується пропорційно до витрат середовища.

Межі основної похибки ротаметрів, що припускається, повинні відповідати 0,5-4% верхньої межі вимірювання.

Витратоміри зі змінним перепадом тиску.

Цей витратомір складається з:

- 1) звужуючого пристрою, встановленого в трубопроводі;
- 2) сполучних імпульсних ліній;
- 3) диференціального манометра (датчика);
- 4) блоку витягання кореня;
- 5) вторинного приладу.

Принцип дії витратоміра змінного перепаду тиску можна з'ясувати виходячи з умови нерозривності струменя не стисливості рідини, а так само використовуючи закон збереження енергії Бернуллі.

Якщо в одному місці труби за допомогою якого-небудь нерухомого звужуючого пристрою зменшити поперечний перетин, то швидкість потоку на цій ділянці повинна відповідно збільшитися. Згідно закону збереження енергії повна механічна енергія  $W_{\text{полн}}$  протікаючої речовини, що є сумою енергії потенційної  $W_{\text{пот}}$  (тиск) і кінетичною  $W_{\text{кин}}$  (швидкості), в допущенні відсутності тертя є величиною постійною, тобто

$$W_{\text{полн}} = W_{\text{пот}} + W_{\text{кин}} = \text{const}$$

Отже, при протіканні середовища через звужений перетин частина потенційної енергії перейде в кінетичну.

При цьому виникає різниця тиску перед звуженою ділянкою і в місці звуження, звана перепадом тиску. Чим більше швидкість протікаючої речовини, тим більший перепад тиску.

При проходженні потоку води або газу через звужуючий пристрій відбувається стиснення потоку. Перед звужуючим пристроєм і за ним

утворюються зони вихрів, причому зона після звужуючого пристрою більш значна, ніж до нього.

Тиск рідини біля стінки трубопроводу (суцільна лінія) зростає із-за підпору, що створюється середовищем перед звужуючим пристроєм і знижується до мінімуму за звужуючим пристроєм в точці найбільшого стиснення струменя. Далі по мірі розширення струменя, тиск біля стінки знову підвищується, але не досягне колишнього значення на величину  $P_p$  зважаючи на наявність безповоротних втрат на завихрення, удар і тертя.

Різниця тиску  $\Delta P$  залежить від витрат середовища, що протікає через трубопровід. Співвідношення між цими величинами для різних середовищ задається спрощеним рівнянням:

$$Q = K_1 \sqrt{P_1 - P_2} \quad [\text{м}^3/\text{год}]$$

де  $K_1$  - постійний коефіцієнт - це коефіцієнт розширення середовища, оскільки  $P_1 \neq P'_1, P_2 \neq P'_2$ .

Конструкція діафрагми і сопла.

Як звужуючі пристрої застосовуються:

- витратомірні діафрагми;
- витратомірні сопла;
- сопла Вентурі.

Нормалізовані ЗП можуть застосовуються в трубопроводах діаметром не меншого 50 мм, при цьому необхідно, щоб відношення площі перетину отвору діафрагми до площі перетину труби  $m=(d/D)^2$  знаходилося в межах:

$m = 0,05-0,7$  для діафрагм;

$m = 0,05-0,65$  для сопел;

$m = 0,055-0,6$  для сопел Вентурі.

За методом відбору тиску діафрагми і сопла діляться на камерні і без камерні ( з точковим відбором).

Допускається зсув осі отвору звужуючого пристрою, щодо осі трубопроводу не повинно перевищувати 0,5-1,0 мм.

З боку входу потоку отвір діафрагми повинен мати циліндрову форму, а з боку виходу- конічну. Довжина циліндрової частини винна знаходитись в межах 0,005-0.2D.

Товщина діафрагми не повинна перевищувати 0,05D.

Отвір ЗУ повинен бути виконаний з точністю 0,001.

На ободі ЗУ наноситься:

- тип звужуючого пристрою;
- заводський номер;
- $d$  і  $D$ ;
- напрям потоку;
- позначення відборів імпульсів (+). (-).

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок витратоміра зі змінним перепаду тиску

Розрахунок даного витратоміра включає визначення діаметру звужуючого пристрою на задану максимальні витрати, вибір дифманометра на перепад тиску, що забезпечує необхідну точність вимірювання витрат і мінімальні втрати тиску, а також вибір другого приладу дифманометра із шкалою, відповідною до заданих максимальних витрат, визначення найменшої довжини трубопроводу, де встановлюється звужуючий пристрій [1].

Діаметр трубопроводу з робочою температурою:

$$D_t = K_t \cdot D_{20}$$

де  $K_t$  — коефіцієнт розширення матеріалу трубопроводу;

$D_{20}$  — діаметр трубопроводу (20 °C).

Оскільки температура вимірюваного середовища 100 °C, то поправочний коефіцієнт  $K_t$  приймається рівним 1,0009 (Додаток А).

$$D_t = 1,0009 \cdot 200 \text{ мм} = 200,18 \text{ мм}.$$

Число Рейнольдса при мінімальних витратах:

$$Re = \frac{1,3 \cdot Q \cdot \rho}{D_t \cdot \mu};$$

де  $Q$  — об'ємні витрати, м<sup>3</sup>/с;

$D_t$  — діаметр, м;

$\mu$  — динамічна в'язкість середовища, Па·с;

$\rho$  — густина середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$$Re = \frac{1,3 \cdot 110 \cdot 783}{0,52 \cdot 0,20018 \cdot 10^{-3} \cdot 3600} \approx 298794.$$



Порівняємо обчислене число Рейнольдса з граничним числом Рейнольдса, при якому коефіцієнт витрат  $\alpha$  звужуючого пристрою постійний.

З таблиці «Коефіцієнти витрати діафрагм» (Додаток А) модуль звужуючого пристрою  $m=0,375$  відповідний йому коефіцієнт витрат  $\alpha = 0,6557$ , тоді  $m\alpha = 0,2459$ .

По заданих максимальних витратах вибираємо значення шкали вторинного дифманометра із ряду чисел  $Q_{ш.м.} = (1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8) 10n$ , де  $n$  — будь-яке ціле додатне, від'ємне число або нуль.

$$Q_{ш.м.} = 125 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Перепад тиску в діафрагмі при максимальних витратах:

$$\Delta P_{\max} = \left( \frac{C}{m \cdot \alpha} \right)^2, \text{ Па}$$

де допоміжна величина  $C$  розраховується по формулі:

$$C = \frac{Q_{ш.м.} \cdot \sqrt{\rho}}{1,1105 \cdot D_t^2};$$

де  $Q_{ш.м.}$  — об'ємні витрати,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$D_t$  — діаметр трубопроводу при номальній температурі,  $\text{м}$ ;

$\rho$  — густина середовища,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$C = \frac{125 \sqrt{784}}{1,1105 \cdot 0,20018^2 \cdot 3600} \approx 21,834.$$

Тоді максимальний перепад тиску при максимальних витратах:

$$\Delta P_{\max} = \left( \frac{21,834}{0,2459} \right)^2 \approx 7884,053 \text{ Па.}$$

Для  $m=0,345$   $P/\Pi=62\%$ .

Втрати тиску в звужуючому пристрої при верхній межі показів витратоміра:

$$P_n = \frac{P'_n \cdot \Delta P_m \cdot Q_m}{100 \cdot Q_{ш.м.}},$$

де  $P'_n$  — втрати тиску у відсотках;

$\Delta P_M$  — максимальний перепад тиску на дифманометрі, Па;

$Q_M$  — задані максимальні витрати;

$Q_{ш.м.}$  — максимальне значення по шкалі вторинного приладу дифманометра.

$$P_{II} = \frac{62 \cdot 7884,053 \cdot 120}{100 \cdot 125} = 4692,588 \text{ Па.}$$

З ряду чисел стандартних перепадів тиску вибираємо два найближчі значення високого і низького перепадів тиску  $\Delta P_1$  і  $\Delta P_2$ :

$$\Delta P_1 = 4000 \text{ Па, } \Delta P_2 = 6300 \text{ Па.}$$

Тоді  $m\alpha$  для  $\Delta P_1$  і  $\Delta P_2$ :

$$m\alpha = \frac{C}{\sqrt{\Delta P}},$$

$$m_1\alpha_1 = \frac{C}{\sqrt{\Delta P_1}} = \frac{21,834}{\sqrt{4000}} = 0,3452,$$

$$m_2\alpha_2 = \frac{C}{\sqrt{\Delta P_2}} = \frac{21,834}{\sqrt{6300}} = 0,2751.$$

По значенню  $m\alpha$  у таблиці «Коефіцієнти витрати діафрагм» знаходимо відповідні модулі  $m_1$  і  $m_2$ .

$$m_1 = 0,500, \quad m_2 = 0,400.$$

Втрати тиску по графіку «Втрати тиску у відсотках в звужуючому пристрої залежно від модуля  $m$  для діафрагм» для  $m_1$   $P'_{II} = 45\%$ , а для  $m_2$   $P'_{II} = 55\%$ .

Фактичні втрати тиску при  $P'_{II} = 45\%$ .

$$P_{II} = \frac{45 \cdot 4000 \cdot 120}{100 \cdot 125} \approx 1728$$

З таблиці «Коефіцієнти витрат діафрагм» для  $m = 0,400$   $\alpha = 0,8079$  і  $\alpha = 0,6631$ .

Граничне число Рейнольдса  $Re_{гр} = 130000$  для  $m = 0,400$  менше фактичного  $Re$  при мінімальній витраті.

Діаметр отвору діафрагми:

$$d = D_t \cdot \sqrt{m} = 200 \cdot \sqrt{0,400} \approx 126,491 \text{ мм.}$$

Витрати етилового спирту, відповідно перепаду тиску  $\Delta P = 4000$  Па:

$$Q = 3998 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}},$$

де  $d$  — діаметр отвору (дроселя або мембрани), мм;

$K_1$  і  $K_2$  — коефіцієнти на температурне розширення матеріалу звужуючого пристрою і матеріалу трубопроводу відповідно. При температурі вимірюваного середовища до  $100^\circ\text{C}$   $K_1 = 1,0014$  і  $K_2 = 1,0009$ ;

$\varepsilon$  — поправочний коефіцієнт на зміну щільності при проходженні вимірюваного середовища через звужуючий пристрій. При вимірюванні витрати рідини  $\varepsilon$  приймають рівним одиниці;

$\alpha$  — табличне значення коефіцієнта витрат звужуючого пристрою з урахуванням усіх поправок;

$\rho$  — густина вимірюваної рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\Delta P$  — перепад тиску, Па.

$$Q = 3,998 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6631 \cdot 126,491^2 \cdot 1,0009 \cdot 1,0014 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{4000}{783}} = 96,1 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Отримане значення витрат не повинно відрізнятися від заданого значення більше, ніж на 0,2%.

Значення помилки у відсотках:

$$\frac{120 - 96,1}{120} \cdot 100 = 19,92\%$$

Діаметр звужуючого отвору пристрою для  $m = 0,45$ :

$$d = D_t \cdot \sqrt{m} = 200 \cdot \sqrt{0,45} = 134,164 \text{ мм}$$

Витрати для  $m = 0,45$  і  $\alpha = 0,6798$ :

$$Q = 3,998 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6798 \cdot 134,164^2 \cdot 1,0014 \cdot 1,0009 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{4000}{783}} = 110,8 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Побудуємо графік залежності  $Q$  від  $m$  (рисунок 2.1).

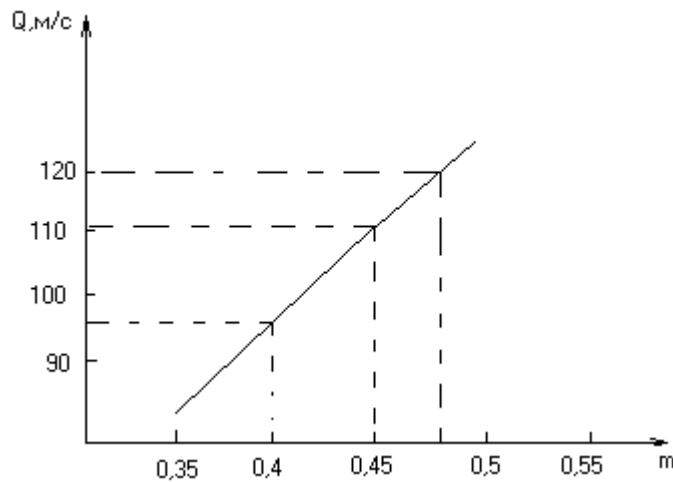


Рисунок 2.1. Залежність витрат від модуля  $Q = f(m)$

Визначимо по графіку для заданого значення максимальної витрати модуль  $m = 0,480$ .

Застосувавши лінійну інтерполяцію визначимо значення коефіцієнта витрат:

$$\alpha = 0,6901.$$

Діаметр робочого отвору звужуючого пристрою для  $m = 0,480$ :

$$d = 200 \cdot \sqrt{0,480} = 138,564 \text{ мм}.$$

Витрати етилового спирту:

$$Q = 3,998 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6901 \cdot 138,564^2 \cdot 1,0014 \cdot 1,0009 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{4000}{783}} = 120,006 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Оскільки розраховане значення витрат відрізняється від заданого менш ніж на 0,2%, то перевірочний розрахунок не потрібний.

Довжина ділянки перед звужуючим пристроєм і за ним може бути скорочена удвічі в порівнянні з величинами, визначеними по графіках на рисунках 2.2 і 2.3, за умови, що перепад тиску відбирається через кільцеві камери, при цьому виникає додаткова похибка вимірювання витрат, рівна 0,5 %.

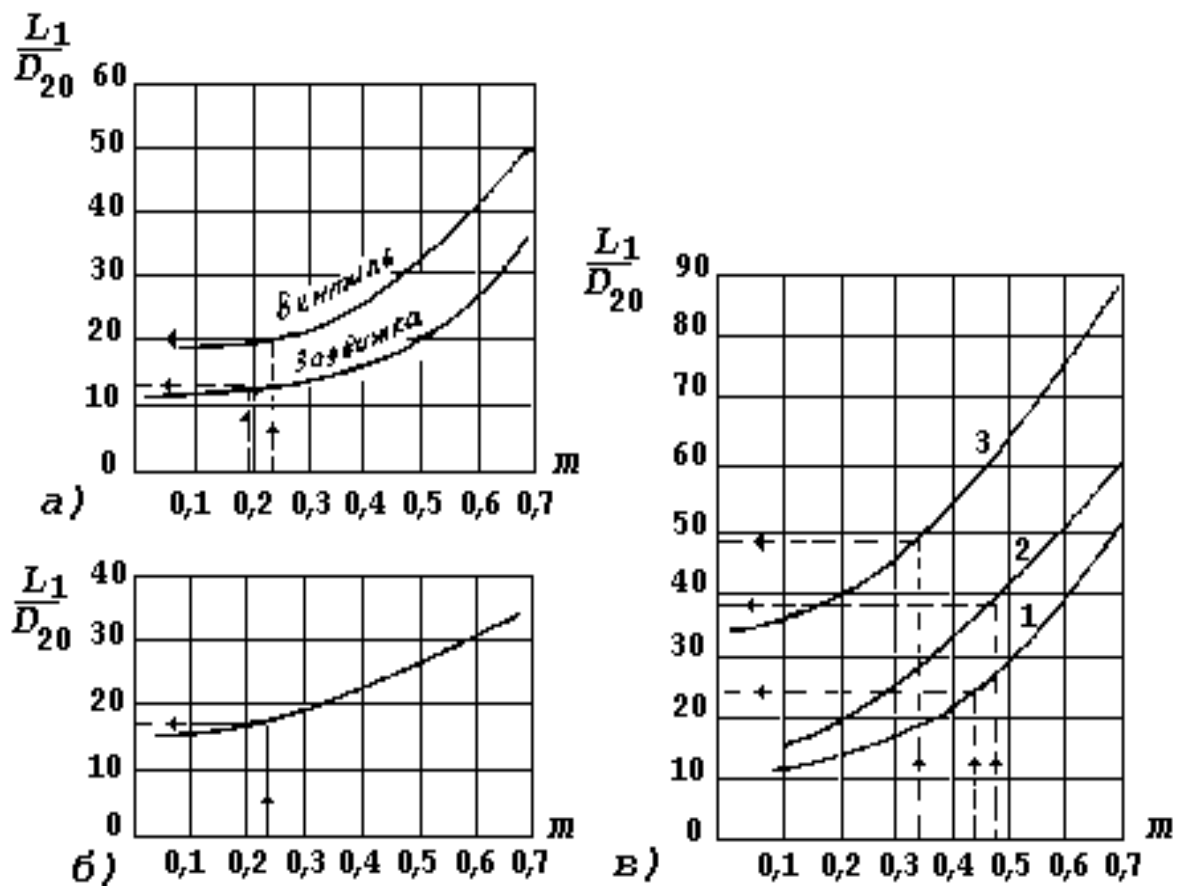


Рисунок 2.2. Графіки для визначення максимальних довжин  $L_1$  прямих ділянок трубопроводів перед звужуючим пристроєм в залежності від модуля  $m$  звужуючого пристрою і відношення  $L_1/D_{20}$ :

- а) після повністю відкритого вентиля і засівки;
- б) після конуса, що сходиться або розходиться;

в) 1 – після коліна або групи колін в одній площині; 2 – після трійника; 3 – після групи колін в різних площинах або потоках, що змішуються.

Установка звужуючих пристроїв безпосередньо у місцевих опорів не допускається, оскільки це спотворює характер руху потоку по трубопроводу і приводить до значних похибок вимірювання витрат.

У всіх випадках довжина трубопроводу перед звужуючим пристроєм і після нього не повинна бути менше  $6 D_{20}$ .

Визначимо довжину трубопроводу до діафрагми. Із графіку залежності при модулі діафрагми  $m = 0,480$   $L_1/D_{20}=30$  тоді  $L_1 = 30 \cdot 200 = 6000$  мм.

Визначимо довжину прямої ділянки трубопроводу після діафрагми. По графіку залежності при модулі діафрагми  $m = 0,480$   $L_2/D_{20}=7,2$  тоді  $L_2 = 7,2 \cdot 200 = 1440$  мм.

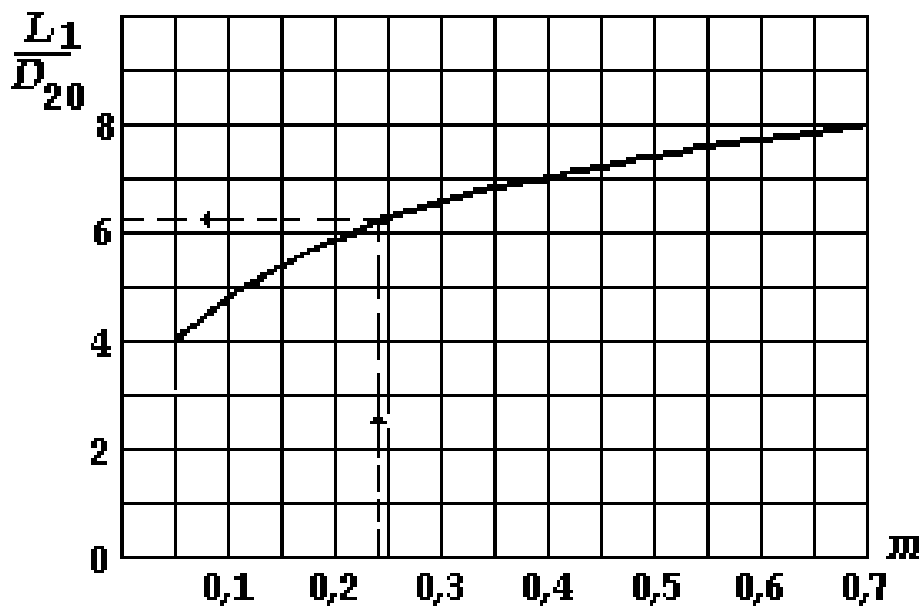


Рисунок 2.3. Графік для визначення мінімальної довжини  $L_2$  прямих ділянок трубопроводів після звужуючого пристрою.

Перевіримо довжину прямої ділянки трубопроводу перед звужуючим пристроєм і після нього, яка повинна бути не меншого  $6 \cdot D_{20}, 6 \cdot 200 = 1200$  мм, отже, ділянки для монтажу мають потрібні розміри.

## 2.2 Розрахунок автоматичного електронного моста для вимірювання температури

На рисунку 2.4 зображена принципова схема електронного моста. В основі принципу його дії покладений нульовий метод вимірювання опору термоперетворювача. При зміні температури корелюється опір термоперетворювача, що викликає порушення рівноваги моста вимірювального блоку, і в його діагоналі АВ з'являється напруга розбалансу, яка поступає на вхід електронного підсилювача, де посилюється по напрузі і по потужності. На виході електронного підсилювача підключений реверсивний електродвигун. Останній переміщає бігунок по опору реохорда і тим самим врівноважує вимірювальну схему моста. Одночасно реверсивний двигун переміщає стрілку по шкалі приладу а також пишучу головку для запису зміни температури. Якщо автоматичний міст має автоматичний регулятор температури, то реверсивний електродвигун переміщає механізм регулятора, який виробляє дію, що управляє, на виконавчий механізм.

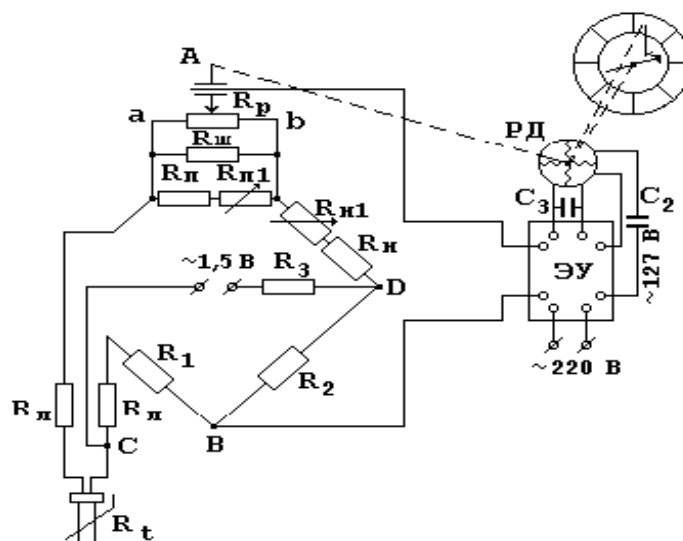


Рисунок 2.4 Принципова схема автоматичного електронного урівноваженого моста

Напрямок обертання ротора реверсивного електродвигуна прямо залежить від напрямку сигналу, який надходить від вимірювальної схеми. Даний процес відбувається при підвищенні або пониженні вимірюваної температури.[1]

У автоматичних електронних мостах застосовується фазочутливий напівпровідниковий електронний підсилювач змінного струму типу У2-01, відмінний тим, що він не має вібраційного перетворювача частоти струму, як це має місце в підсилювачах для потенціометрів, реверсивний двигун типу Д-32 і синхронний двигун типу ДСД2-П1. Вимірювальна схема моста живиться змінною напругою 1,5V, частотою 50 Гц від силового трансформатора підсилювача, яке подається до точок СО.

У основі розрахунків вимірювальної схеми взято рівновагу електричного моста, з умовою, що опори навхрест лежачих плечей будуть однієї величини.

Розрахунок даної схеми автоматичного моста проведемо в наступній послідовності:

1. Визначимо опір шунта реохорда:

$$R_{III} = \frac{R_{\Sigma} \cdot R_P}{R_P - R_{\Sigma}}$$

де  $R_{\Sigma}$  – еквівалентний (відповідний) опір реохорда. Ця величина приведена до стандартного значення і рівна 90 Ом;

$R_P$  – опір реохорда виконаний з манганінового дроту (130 Ом).

$$R_{III} = \frac{90 \cdot 130}{130 - 90} = 292,5 \text{ Ом.}$$

2. Визначимо величини опорів плечей моста  $R_1$  і  $R_2$ . Для цього по градуїровочній таблиці для термоперетворювача опорю 50П знаходимо:

$$R_t \text{ при } 0^{\circ}\text{C} = 50 \text{ Ом;}$$

$$R_t \text{ при } 150^{\circ}\text{C} = 79,11 \text{ Ом.}$$

Величина  $R_1$  знаходиться в середній точці загального діапазону вимірювання, а саме

$$R_1 = R_{t \min} + R_n + \frac{R_{t \max} - R_{t \min}}{2} + \frac{R_{t \max} - R_{t \min}}{4}.$$

$$R_1 = 50 + 2,5 + \frac{79,11 - 50}{2} + \frac{79,11 - 50}{4} = 74,3325 \text{ Ом.}$$



Для збільшення чутливості опір  $R_2$  має бути рівним  $R^1$ .

$$R_2 = 74,3325 \text{ Ом}$$

3. Для обчислення опору реохорда використаємо формулу:

$$R_{np} = \frac{R_2 \cdot (R_{t \max} - R_{t \min})}{R_1 + R_2 + R_l} \cdot$$

$$R_{np} = \frac{74,3325 \cdot (79,11 - 50)}{74,3325 + 74,3325 + 2,5} = 14,314 \text{ Ом}$$

4. Знайдемо опір кінцевого положення на шкалі приладу за формулою:

$$R_{II} = \frac{R_{\mathcal{O}} \cdot R_{np}}{R_{\mathcal{O}} - R_{np}} \cdot$$

$$R_{II} = \frac{90 \cdot 14,314}{90 - 14,314} = 17,021 \text{ Ом.}$$

5. Визначимо опір початку шкали по формулі:

$$R_H = \frac{R_2 \cdot (R_{t \min} + R_{np} + R_l)}{R_1 + R_l} \cdot$$

$$R_H = \frac{74,3325 \cdot (50 + 14,314 + 2,5)}{74,3325 + 2,5} = 64,64 \text{ Ом.}$$

6. Визначимо опори підстроювання початку і кінця шкали  $R_{H1}$  і  $R_{II1}$ .  
Значення змінних опорів підналаштування нижньої і верхньої меж шкали приладу  $R_{H1}$  і  $R_{II1}$  складають 10% від показників опорів  $R_H$  і  $R_{II}$ :

$$R_{H1} = 6,464 \text{ Ом};$$

$$R_{II1} = 1,702 \text{ Ом.}$$

7. Максимальна сила струму живлення визначається по формулі:

$$I_{\max} = \frac{U}{R_{t \min} + R_{np} + R_l + R_H},$$

де  $U$  – напруга живлення.

$$I_{\max} = \frac{1,5}{50 + 14,314 + 2,5 + 64,64} = 0,0114 = 11,4 \text{ мА} ,$$

що більше 8,0 мА і необхідно в схему ввести опір по обмеженню струму живлення, який розраховується по формулі:

$$R_3 = \frac{U}{I_{\max}} - (R_{t \min} + R_{np} + R_l + R_n) .$$

Розрахуємо мінімальний опір обмеження по струмі живлення для схеми, що розраховується:

$$R_3 = \frac{1,5}{0,008} - (50 + 14,314 + 2,5 + 64,64) = 56,046 \text{ Ом}.$$

Прийmemo із стандартизованого ряду номінальних опорів резисторів  $R_3 = 62,0 \text{ Ом}$ , тоді сила струму живлення для схеми буде рівна:

$$I_{\max} = \frac{U}{R_{t \min} + R_3 + R_{np} + R_l + R_n} ,$$
$$I_{\max} = \frac{1,5}{50 + 56 + 15 + 2,5 + 62} = 8,0 \text{ мА}$$

що відповідає 8,0 мА і не допускає самонагрівання дачача струмом живлення.

8. Опір вимірювальної схеми  $\Delta R$  визначаємо при умові врівноваженого моста при опорі термоперетворювача, який відповідає початку шкали приладу, знаходимо:

$$\Delta R = \frac{R_n \cdot (R_1 + R_l) - R_2 \cdot (R_{np} - R_l)}{R_2} .$$
$$\Delta R = \frac{64,64 \cdot (74,3325 + 2,5) - 74,3325 \cdot (14,314 - 2,5)}{74,3325} = 55 \text{ Ом}.$$

9. Мінімальний розкид напруги на виході вимірювальної схеми визначаємо по формулі:

$$\Delta U = \frac{\delta \cdot I \cdot \Delta R}{100} ,$$

де  $I$  – сила струму живлення, мА;

$\delta$  - клас точності обладнання %.

$$\Delta U = \frac{0,5 \cdot 0,008 \cdot 55}{100} = 0,0022 = 2,2 \text{ мВ}$$

### 2.3 Конструктивний розрахунок реохорда

Реохорд є круглою шиною, на яку намотано манганіновий дріт.

1. Задаємося питомим числом витків дроту  $n_{\text{уд.}}$ , тобто числом витків, що доводяться на 1% шкали приладу. Звичайне питоме число витків береться рівним 12 - 16. Тоді загальне число витків буде рівне:

$$n = 100 \cdot n_{\text{уд.}}$$

$$n = 100 \cdot 14 = 1400 \text{ (витків).}$$

2. Визначимо довжину намотування опору реохорда  $L_p$  по формулі:

$$L_p = \pi \cdot D \cdot \frac{\varphi}{360},$$

де  $D$  – діаметр реохорда;

$\varphi$  - центральний кут намотування ( $315^\circ$ ).

$$L_p = 3,14 \cdot 125 \cdot \frac{315}{360} = 343,44 \text{ мм.}$$

3. Визначимо діаметр намотувального дроту по формулі:

$$d_{\text{др}} = L_p / n.$$

$$d_{\text{др}} = 343,44 / 1400 = 0,245 \text{ мм.}$$

4. За довідковими даними таблиці «Основні дані проводів високого опору» виберемо діаметр манганінового дроту і його опір  $r$ , відповідатиме довжині в 1 м. Тоді необхідна довжина намотувального дроту:

$$L = \frac{R_p}{r}.$$

$$L = \frac{130}{8,76} = 14,84 \text{ м.}$$

5. Визначимо довжину одного витка дроту по формулі:

$$l = \frac{L}{n}.$$

$$l = \frac{14,84}{1400} = 0,0106 \text{ м.}$$

6. Визначимо діаметр шини (основи) для реохорда, на яку буде намотуватися манганіновий дріт, по формулі:

$$d_{ш} = \frac{l - d_{др}}{\pi},$$

$$d_{ш} = \frac{0,0106 - 0,0025}{3,14} = 0,00258 \text{ м.}$$

Прийmemo діаметр шини реохорда рівним  $d_{ш} = 2,6 \text{ мм}$ .

## 2.4 Вибір та технічний аналіз метрологічних характеристик блоків ІВК

Вимірювальні прилади, що працюють в складних умовах, зазнають часових змін. Сумарна результативна похибка, що виникає в даних умовах, є основною похибкою. Додатковою - є похибка, яка показує зміну показів приладу при відхиленні від заданих умов експлуатації.

### 2.4.1 Технічні характеристики блоків ІВК

Комплексною характеристикою будь-якого приладу є клас точності, який вказує на рівень точності показів. Він визначається межами похибок, що припускаються. Максимально-допустима похибка приладу вказує на клас точності.

До складу вимірювальних каналів входять всі засоби вимірювань і лінії зв'язку, починаючи від первинного перетворювача до засобу представлення

інформації включно (для систем контролю), до засобу видачі сигналу (для систем сигналізації, захисту і блокувань), що управляє, до входу в пристрій формування закону регулювання (для систем автоматичного регулювання)[3].

Технічні характеристики блоків ІВК визначаються з врахуванням тех завдання з техноексплуатаційної документації і довідковим даним на промислове устаткування.

Як первинний перетворювач перепаду тиску виберемо САПФІР 22 ДД 2450. Верхня межа вимірювання 4 кПа. Гранично допустима основна похибка 0,5 % [9].

Як вторинний - виберемо автоматичний потенціометр типу КСП 3 ([6], з. 7):

- а) основна похибка  $\pm 0,5 \%$ ;
- б) варіація свідчень не перевищує половини основної похибки;
- в) клас точності- 0,5.
- г) час проходження стрілкою всієї шкали 5 або 16 с;
- д) час повного обороту діаграмного диску 24 год;

Як первинний перетворювач вимірювання температури виберемо термоопір ТСП-8053:

а) монтажна частина захисної арматури розрахована на умовний тиск 0,63 МПа.

б) гранично допустима похибка  $\delta_{ТП}=1 \%$ . [8].

Як вторинний прилад для вимірювання температури виберемо автоматичний міст типу КСМ4 ([1], с. 25):

- а) основна похибка  $\pm 1 \%$ ;
- б) варіація свідчень не перевищує половини основної похибки;
- в) точності 1 класу.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційно-вимірювального каналу

##### 3.1.1 Структурна схема ІВК



Рисунок 3.1 Структурна схема ІВК

Склад структурної схеми ІВК:

- 1 – об'єкт вимірювання;
- 2 – первинний модуль вимірювання витрати;
- 3 – вторинний модуль вимірювання витрати;
- 4 – пристрій реєстрації;
- 5 – первинний прилад вимірювання температури;
- 6 – блок порівняння;
- 7 – вторинний прилад вимірювання температури;
- 8 – пристрій реєстрації;
- 9 – регулятор.

### 3.2 Визначення складу блоків ІВК

Об'єктом вимірювання є витрата етилового спирту, залежно від робочої температури.

Основні складові вимірювального каналу:

- звужуючий пристрій типу діафрагма;
- дифманометр типу Сапфір;
- вторинний перетворювач типу КСПЗ;
- кабельні та імпульсні лінії;
- запірна арматура.

Контролювання температури робочого середовища проводиться за допомогою:

- первинного перетворювача (термоперетворювача опору) типу ТСП градуювання 50П;
- вторинного перетворювача – автоматичного урівноваженого моста типу КСМ. Функціональну схему ІВК представлено на рисунку 3.3

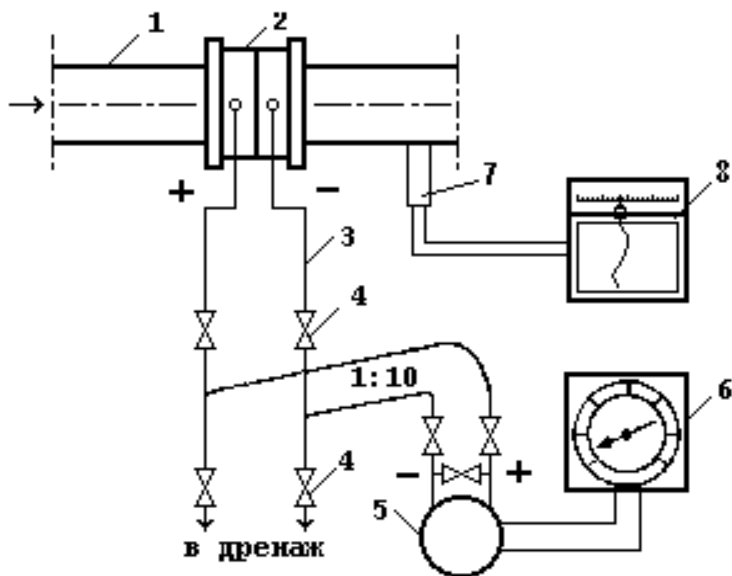


Рисунок 3.3 Функціональна схема ІВК

Склад функціональної схеми ІВК:

- 1 – трубопровід;
- 2 – звужуючий пристрій типу діафрагма;

- 3 – сполучна трубка;
- 4 – замковий вентель;
- 5 – дифманометр типу «Сапфір»;
- 6 – вторинний прилад типа КСПЗ;
- 7 – термоелектричний перетворювач опору типа ТСП;
- 8 – вторинний прилад типа КСМ4.

### 3.3 Дифманометр " Сапфір 22М ДД "

Схема дифманометра «Сапфір 22М ДД» наведена на рисунку 3.5.

Дифманометр це приладом без шкали із стандартним вихідним імпульсом 0-5 мА, 0-20 мА і 4-20 мА при живленні 36 В.

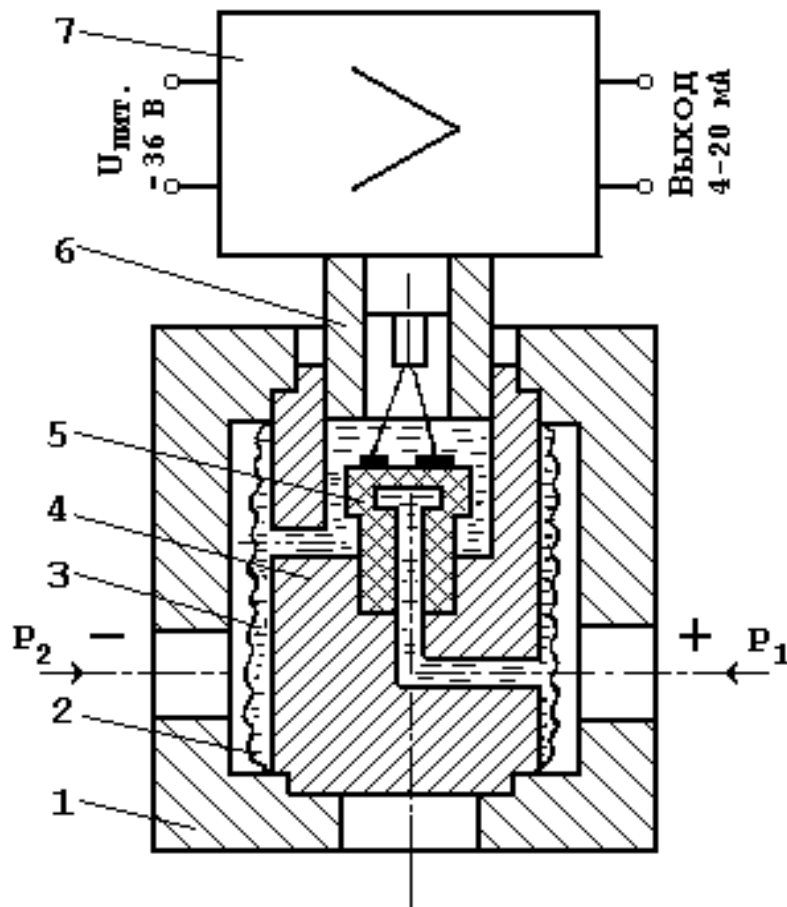


Рисунок 3.5 Схема дифманометра «Сапфір 22М ДД»



Основні елементи дифманометра: сталевий корпус 1, мембрана 2, заповненою кремнійорганічною рідиною 3, основи 4, тензоперетворювача 5, герметичного встановлення з'єднювальних проводів 6 з електронним блоком 7.

Робочим елементом тензоперетворювача є пластина з монокристалічного сапфіра з кремнієвим плівковим тензо-резистором, які сполучаються металевою мембраною тензоперетворювача.

Зміна тиску передає зусилля на мембрани, які передають тиск через кремнійорганічну рідину на тензорезистор, який змінює свій електричний опір. Певний блок переводить цю зміну опору в вихідний сигнал.

Клас точності дифманометрів класу «Сапфір 22М ДД» знаходиться в межах 0,5-1,0.

Дифманометри типу «Сапфір» виготовляються на наступні верхні межі вимірювання перепаду тиску:

$$\Delta P_{\max} = 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 100; 160; 250 \text{ кПа}$$

і

$$\Delta P_{\max} = 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 10; 16 \text{ МПа}$$

Гранично допустимий робочий тиск, на який виготовляються дифманометри типу «Сапфір», складає 0,1; 4; 10; 16; 25; 40; 60 МПа.

### 3.4 Автоматичний потенціометр КСП 3

Даний прилад електромеханічного відслідковуючого урівноваження призначений для вимірювання і реєстрації напруги постійного струму і термо ЕДС, а також неелектричних величин, перетворених у вказані вище електричні сигнали ([6], стр. 1). По вигляду представлення інформації прилад є показуючим. По кількості вхідних сигналів є одноканальним. Реєстрація параметрів проводиться в прямокутних координатах. Показання приладу відлічуються за шкалою за допомогою вказівника і записуються. Запис в приладі здійснюється

за допомогою покажчика безперервною лінією. Зчитування інформації проводиться за допомогою перевідної шкали.

### 3.5 Термоперетворювач опору ТСП-8053

Вимірювання температури покладено на властивості провідників міняти свій опір із зміною температури. Зміна опору термоелектричного чутливого елемента термоперетворювача фіксується вторинним приладом.

Термоелектричний чутливий елемент термоперетворювача виготовлений з платиного дроту і є спіраллю, поміщеною в канали керамічного каркаса. Термометричний чутливий елемент припаяний до срібних або нікелевих висновків.

Пакет термоперетворювача поміщається в захисну арматуру, виготовлену із сталі 08X18H10T, стійку до міжкристалічної корозії.

З боку вивідних кінців термоперетворювачі ТСП-8053 мають водозахищену головку [8, стр.7].

## 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 4.1 Вибір і обґрунтування технічного рішення та завдання

Основним завданням ІВК є вимірювання температури і витрат етилового спирту. Вимірювання температури здійснюється за допомогою автоматичного урівноваженого моста типу КСМ. Автоматичні електронні мости відносяться до великої групи вторинних автоматичних приладів, які базуються на нульовому методі вимірювання опору. Вони працюють в парі з термоперетворювачами опору. У автоматичних урівноважених мостах застосовується мостова вимірювальна схема, як більш перспективна. Щоб максимально понизити витоки тепла по арматурі термоперетворювача опору при установці, його глибше занурюють у вимірюване середовище і розташовують на ділянках з великою швидкістю потоку, поліпшуючи умови теплообміну. Робочий кінець термоопору повинен розміщуватися в центрі потоку. Для того, щоб захистити сполучні лінії термометрів опору від механічних пошкоджень, електроперешкод і впливу високої температури та вологості середовища їх необхідно поміщати в сталеві заземлені труби ізольовано від силових проводів. Термоопір краще встановлювати за звужуючим пристроєм [3].

Вимірювання витрат здійснюється за допомогою витратомірів. Принцип дії витратоміра (змінного перепаду тиску) заснований на вимірюванні різниці тиску перед і за звужуючим пристроєм і визначенні витрати. Витрата залежить від тиску вимірюваного середовища і її температури. Дані витратоміри придатні для вимірювання протікаючої по трубопроводу речовини за умови заповнення ним всього поперечного перетину труби. Зміна потенційної енергії призведе до появи різниці статичного тиску, яка визначається диференціальним манометром.

Дифманометр рекомендують встановлювати після звужуючого пристрою, щоб утруднити попадання з трубопроводу повітря в лінії з'єднань. Якщо ж

дифманометр розташовують в своєму розпорядженні вище, то у верхніх точках лінії встановлюють газозбірники з продувочними вентилями для видалення повітря і інших газів. Газозбірники для продування встановлюються у всіх найвищих точках сполучних ліній у випадках, коли неможливо виконати односторонній ухил. Вентилі, що встановлюються в сполучних лініях, повинні бути прямоточними і мати площу перетину прохідного отвору не менше площі перетину труб. Установка вентилів в трубах тих, що сполучають зрівняльні судини з кільцевими камерами не допускаються. Для горизонтальних і похилих трубопроводів сполучні лінії повинні підключатися до нижньої половини звужуючого пристрою під кутом  $\psi = 30-90^\circ$ . Для вільного видалення із сполучних трубок повітря або газу вони прокладаються вертикально або з ухилом не меншого 0,1 у бік продувочних вентилів. У верхній і нижній половині звужуючого пристрою сполучні лінії підключати не рекомендується, оскільки в першому випадку в них може поступати газ в процесі вимірювання, а в другому випадку – осад. Зрівняльні судини застосовуються при вимірюванні витрати гарячих середовищ ([2], стр.212). Між звужуючим пристроєм і дифманометром встановлюються конденсаційні судини, заповнені конденсатом пари. Сполучні трубки, що йдуть від конденсаційних судин до дифманометру, також заповнюються конденсатом. Застосування конденсаційних судин забезпечує постійність рівня конденсату в обох сполучних трубках і оберігає від нагрівання парю механізм дифманометра [7].

При установці в трубопроводі звужуючого пристрою великий вплив на точність вимірювань роблять умови установки. До і після звужуючого пристрою необхідно використовувати прямі ділянки трубопроводу з постійним діаметром.

На підставі всіх вище перелічених технічних рішень для вимірювання температури і витрати рідини приступимо до розробки структурної схеми ІВК.

Суть методу вимірювання витрат полягає в тому, що в трубопроводі, по якому протікає вимірюваний потік, встановлюється звужуючий пристрій з

отвором постійного перетину. При протіканні речовини через цей отвір частина потенційної енергії потоку переходить в кінетичну, що супроводжується збільшенням швидкості потоку в місці звуження і зменшенням тиску за звужуючим пристроєм. Різниця тиску до і після звужуючого пристрою залежить від кількості речовини, що проходить по трубопроводу. По різниці тиску визначають витрату. На рисунку 4.1 показана схема зміни тиску потоку при проходженні його через звужуючий пристрій.

В комплект витратоміра входить: звужуючий пристрій, диференціальний манометр, вторинний прилад диференціального манометра, що показує величину вимірюваної витрати, сполучних трубок, запірних вентилів і інших допоміжних пристроїв. Наприклад, якщо вимірюють витрату пари, то в комплект витратоміра входять конденсаційні судини, при вимірюванні витрати агресивних середовищ в комплект витратоміра входять розділові судини.

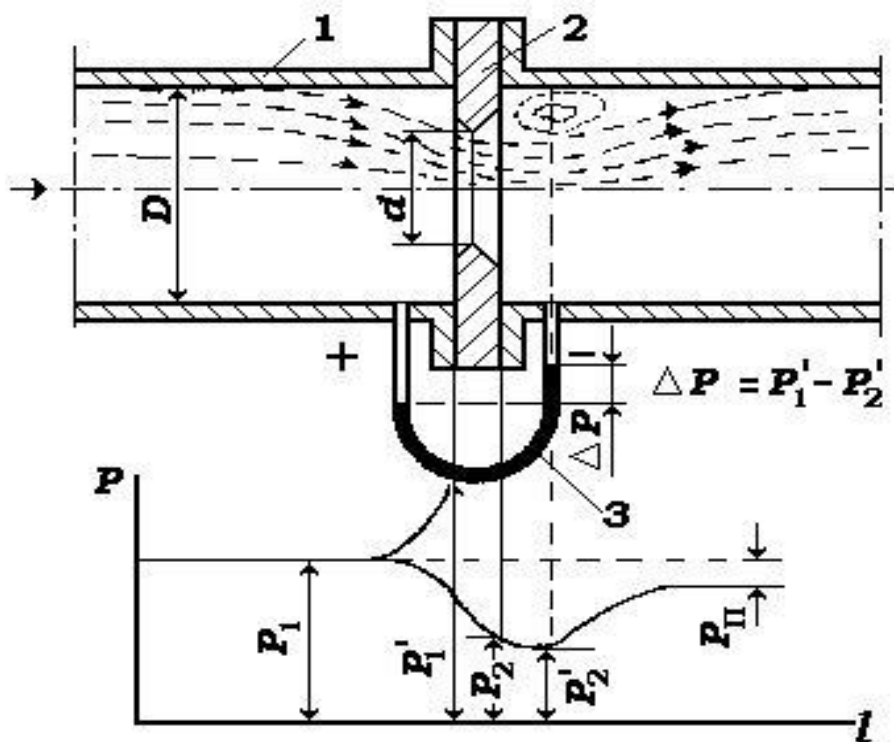


Рисунок 4.1. Вимірювання тиску потоку при проходженні через звужуючий пристрій: 1 – трубопровід; 2 – звужуючий пристрій; 3 – дифманометр.

## 4.2 Розрахунок і дослідження сумарної похибки ІВК

Як узагальнена метрологічна характеристика ВК слід приймати сумарну похибку ІВК в робочих експлуатаційних умовах.

Сумарна похибка ІВК в робочих умовах є геометричною сумою всіх похибок елементів, які включені до складу ІВК, для визначення яких, використовуємо довідникові дані по основній і додатковій похибках, які приведені в нормативно-технічній документації по даних елементах, з врахуванням робочих експлуатаційних умов, передбачених в роботі.

Додаткові похибки приладів сумуються геометрично. При визначенні сумарної похибки ІВК не враховується похибка сполучних ліній.

Модуль сумарної похибки ІВК в робочих експлуатаційних умовах знаходимо по формулі:

$$\delta_{\text{ИИК}} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{\text{Э}i}^2},$$

де  $\delta_{\text{Э}i}$  – приведена похибка елемента в робочих умовах експлуатації;

$n$  – число елементів ІВК.

Модуль похибки елемента ІВК в умовах експлуатації визначається по формулі:

$$\delta_{\text{Э}} = \pm \left| \delta_0 + \sqrt{\sum_{j=1}^k \delta_{\text{qj}}^2} \right|,$$

де  $\delta_0$  – основна приведена похибка елемента;

$\delta_{\text{qj}}$  – додаткова приведена похибка елемента ІВК від впливаючої величини, яка не повинна перевищувати  $0,7 \delta_0$ ;

$k$  - число впливаючих величин.

Визначаємо приведену похибка елементів проектованого ІВК в робочих умовах :

для діафрагми пристрою, оскільки звужуючий пристрій не є засобом вимірювання:  $\delta_{\text{СУ}} = 1,5 + 1,05 = 2,55\%$ ;

для дифманометра типу «Сапфір»:  $\delta_{\text{ДМ}} = 0,5 + 0,35 = 0,85\%$ ;

для вторинного приладу типа КСП:  $\delta_{\text{КСП}} = 0,5 + 0,35 = 0,85\%$ ;

для термоопору:  $\delta_{\text{ТСП}} = 1 + 0,7 = 1,7\%$ ;

для вторинного перетворювача типу КСМ:  $\delta_{\text{КСМ}} = 1 + 0,7 = 1,7\%$ ;

Тоді модуль сумарної похибки ІВК буде:

$$\delta_{\text{ІВК}} = \pm \sqrt{2,55^2 + 0,85^2 + 0,85^2 + 1,7^2 + 1,7^2} = 3,71 \%$$

При необхідності отримання меншої похибки можна взяти за первинний перетворювач «Сапфір» тієї ж моделі, але з основною допустимою похибкою рівної 0,25 %, а також замінити термоопір на таку ж модель, але із основною допустимою похибкою рівною 0,45.

Тоді

$\delta_{\text{ДМ}} = 0,25 + 0,1 = 0,35\%$  и  $\delta_{\text{ТСП}} = 0,45 + 0,315 = 0,765\%$ .

Тоді похибка каналу буде:

$$\delta_{\text{ІВК}} = \pm \sqrt{2,55^2 + 0,43^2 + 0,85^2 + 0,765^2 + 1,7^2} = 3,3 \%$$

Отримана похибка задовольняє вимоги ДСП (допустима похибка ІВК 3,5%).

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Вибір і аналіз технічних і метрологічних характеристик блоків ІВК

До складу вимірювальних каналів входять всі засоби вимірювань і лінії зв'язку, починаючи від первинного перетворювача до засобу представлення інформації включно (для систем контролю), до засобу видачі сигналу (для систем сигналізації, захистів і блокувань), що управляє, до входу в пристрій формування закону регулювання (для систем автоматичного регулювання).

#### 5.1.1 Термопара хромель-копелева

Вибір термопари обумовлений показниками навколишнього середовища: температура, тиск, агресивність. Для вимірювання температури в трубопроводах, що знаходяться під тиском до  $30 \text{ кг/см}^2$ , застосовується термопара ТХК-VIII [4], показана на рис. 4.1. Як видно з рисунка термопара має штуцер з різьбленням, привареним до захисної труби. Та частина захисної труби, яка вводиться у вимірюване середовище виготовлена з неіржавіючої сталі. Електроди термопар повинні бути електрично ізольованими один від одного, щоб уникнути короткого замикання. Для цієї мети застосовуються наступні ізоляційні матеріали: гума до  $60\text{-}80^\circ \text{C}$ , шовк до  $100\text{-}120^\circ \text{C}$ , емаль до  $150\text{-}200^\circ \text{C}$ , а так само більш термостійкі. Оскільки робоче середовище має кімнатну температуру, то як ізолятор виберемо гуму. Клас точності приладу 0,5.



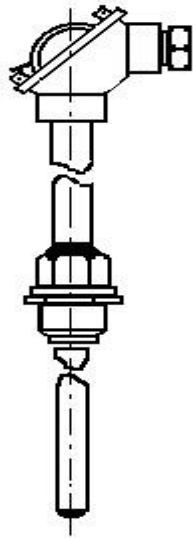


Рисунок 5.1. Термопара з штуцером типу ТХК-VII

#### 5.1.2 Компенсаційні лінії

Щоб забезпечити постійну температуру холодних спаїв термопари, бажано відвести їх подалі від зони високої температури і по можливості помістити їх в термостати. Тому довжину електродів термопари, які часто бувають, зроблені з матеріалу, незручного з тих або інших причин для проводки, обмежують і приєднують до них гнучкі дроти, забезпечені належною ізоляцією. Ці дроти виготовляють з того ж матеріалу, що і електроди термопар, і їх зазвичай називають компенсаційними проводами.

На рисунку 5.2 показана схема термоелектричного пірометра з компенсаційними проводами [4]. Як видно з схеми, холодні спаї 1 і 2 термопари відсунуто від її головки на довжину компенсаційних проводів.

Як виявляється, задовільна робота компенсаційних проводів має місце в тому випадку, якщо дроти в парі між собою розвивають ту ж ЕДС, яка властива термопарі, і якщо місця приєднання компенсаційних проводів до електродів термопари мають однакову температуру (спаї 1 і 2).

Компенсаційні проводи

Мідні проводи

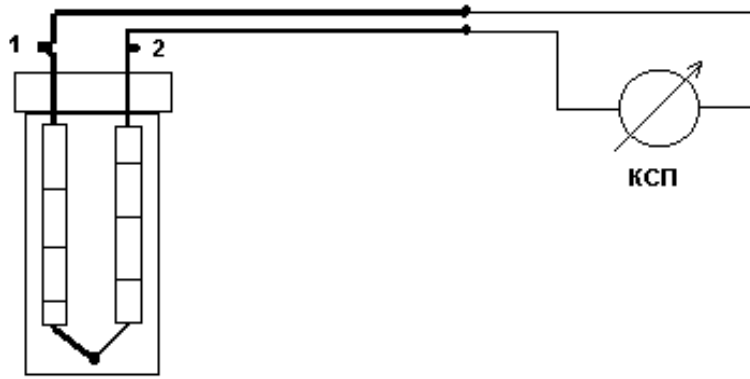


Рисунок 5.2. Підключення компенсаційних проводів.

### 5.1.3 Пневмосилові перетворювачі

Пневмосилові перетворювачі призначені для перетворення зусилля чутливого елемента вимірювальних блоків приладів в уніфікований пневматичний вихідний сигнал  $0,2—1 \text{ кг.с/см}^2$ . У основу побудови пневмосилових перетворювачів покладений принцип силової компенсації. У конструкції пневмосилових перетворювачів використовуються основні вузли системи важеля механізму розглянутого вище електросилового перетворювача.

Принципова схема пневмосилового перетворювача показана на рисунку 5.3. Вимірювана величина  $x$  або вихідна величина первинного перетворювача сприймається чутливим елементом вимірювального пристрою 1 і перетворюється в пропорційне зусилля  $q$ . Це зусилля через систему важеля 2 і 3 передавальні механізми перетворювача і автоматично врівноважується зусиллям.

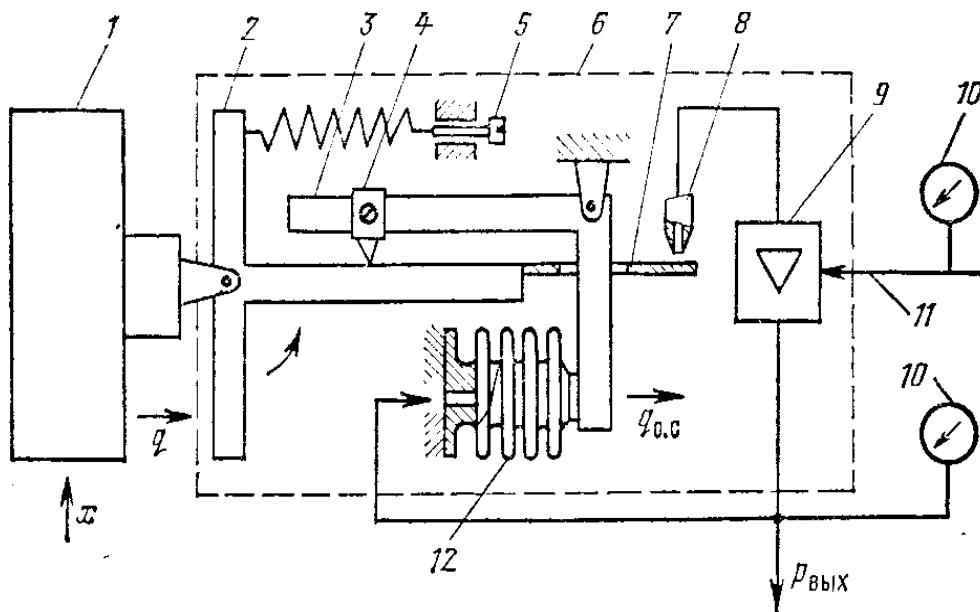


Рисунок 5.3. Принципова схема пневмосилового перетворювача.

При зміні вимірюваної величини  $x$ , а разом з тим і зусилля  $q$ , відбувається незначне переміщення системи важеля 2 і 3 і пов'язаною з важелем 2 заслінки 7 індикатора розузгодження. Індикатор розузгодження (сопло-заслінка) перетворює це переміщення в сигнал тиску стиснутого повітря, що управляє, в лінії сопла 8. Цей сигнал розузгодження управляє вихідним сигналом тиску стислого повітря пневматичного підсилювача потужності 9. Вихідний сигнал підсилювача  $p_{р'}$  поступає в лінію дистанційної передачі і одночасно в сильфон зворотнього зв'язку 12, де перетворюється в пропорційне йому зусилля. Це зусилля через важіль передавальний механізм 2 і 3 врівноважує вхідне зусилля  $q$ . Мірою вхідного зусилля  $q$ , а отже, і вимірюваної величини  $x$  є поточне значення вихідного сигналу тиску стислого повітря  $p_{р'}$  пневматичного підсилювача, необхідне для створення зрівноважуючого зусилля при зворотньому зв'язку. Межі зміни пневматичного вихідного сигналу перетворювача  $0,2-1,0 \text{ кгс/см}^2$  ( $0,02-0,1 \text{ МПа}$ ).

## 5.2 Алгоритми функціонування блоків і основної програми ІВК

Для поставлення проектних задач і технічних вимог необхідно описати матеріальний і інформаційний потік процесів їх обробки. Найбільш вигідно

дозволять робити це схеми матеріальних та інформаційних потоків і алгоритми функціонування. Алгоритми функціонування представляють у вигляді текстового опису схеми функціонування або у вигляді блок-схеми, що дозволяє наглядно і формально описати всі процеси ситуації, що виникають при функціонуванні системи.

Перед складанням алгоритму роботи ІВК розглянемо основні етапи підготовки її до роботи та функціонування у процесі досліджень зразків. Це, зокрема:

- контроль зміни температури на ІВК, що регулюється через електронний автоматичний міст і пов'язаний з теплообмінником у секторі камери нагрівання;
- перевірка тиску у ІВК;
- після досягнення необхідного робочого тиску (необхідних витрат) відбувається автоматичне відключення нагнітаючої помпи подачі робочої суміші у трубопроводі;
- система автоматичного контролю постійно здійснює перевірку тиску та температури у робочій камері;

При створенні програми контролю вище вказаних режимів роботи ІВК на попередньому етапі склали ряд алгоритмів функціонування вузлів робочого комплексу.

Блок-схема контролю температури показана на рис. 5.4.

Принцип роботи такої схеми такий:

- перевіряється температура і якщо вона вище критичної, той спрацьовує команда про зупинку генератора подачі напруги та відключення обладнання, одночасно відбувається сигналізація про несправність;
- якщо температура нижче критичної, то перевіряється чи вона дійшла до певної критичної межі;

- аналогічно проводиться контроль мінімально допустимої температури при відключенні генератора подачі напруги при досягненні максимальної межі.

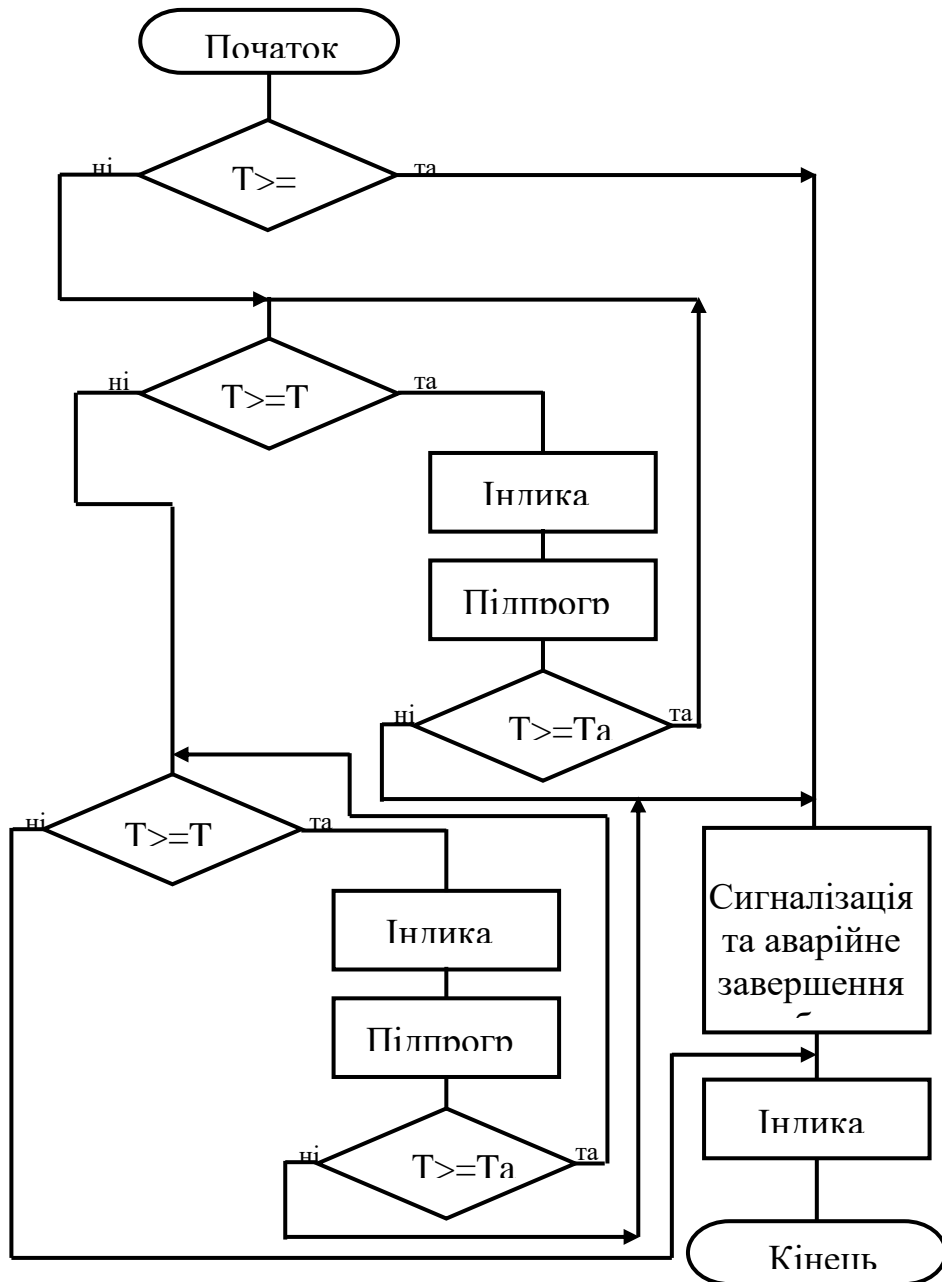
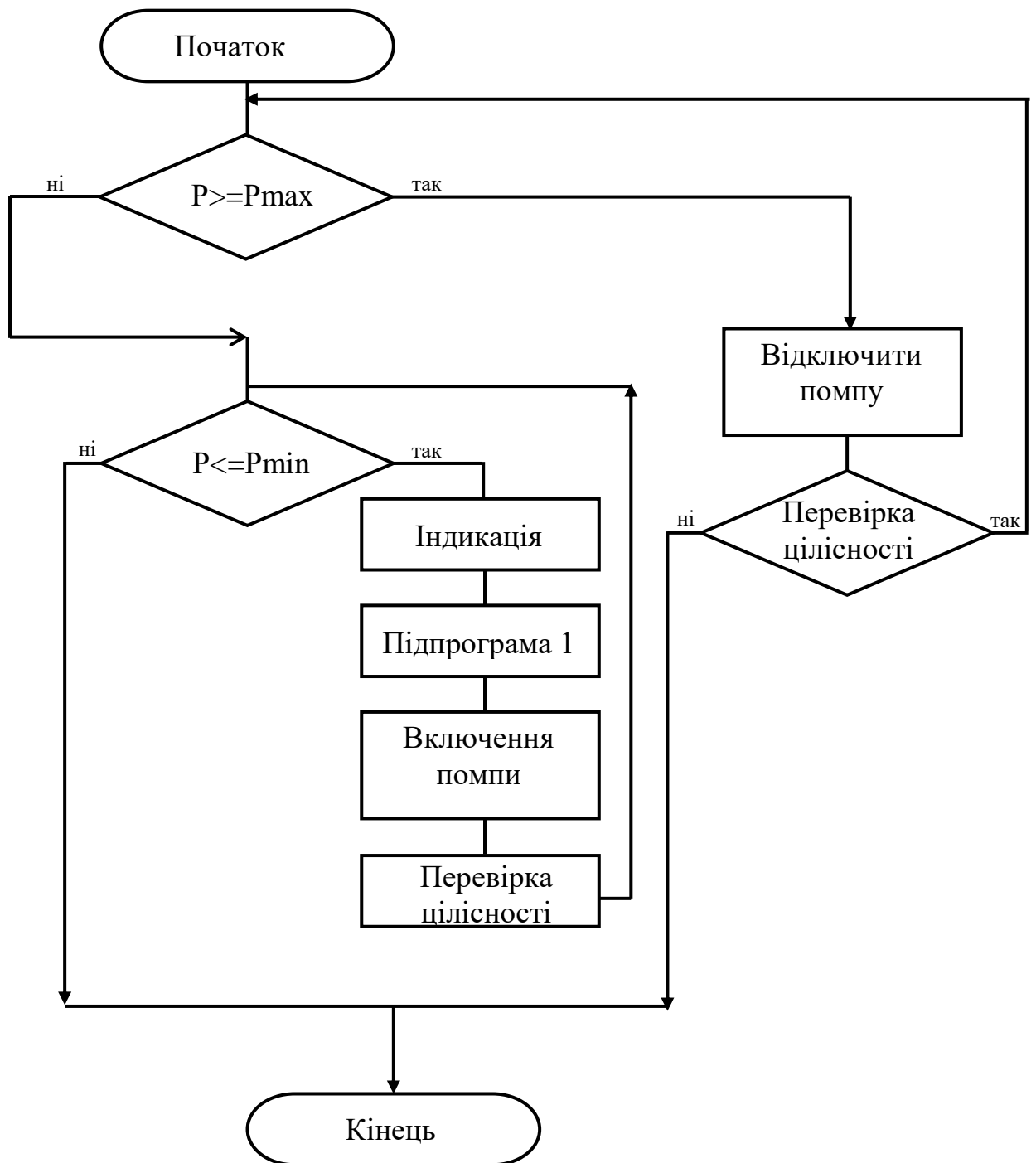


Рис. 5.4 Блок-схема контролю температури

$T$  – робоча температура  
 $T_a$  – аварійна температура  
 $T_{max}$  – максимально допустима температура  
 $T_{min}$  – мінімально допустима температура



$P$  – амплітуда коливань зразка  
 $P_{max}$  – максимально допустимий тиск  
 $P_{min}$  – мінімально допустимий тиск

Рис. 5.5 Блок-схема контролю тиску

Блок-схема контролю тиску подана на рис. 5.5.

Принцип роботи такої семи наступний:

- перевіряється перепад тиску у першій і другій камерах ІВК, якщо він вище максимального, то спрацьовує команда відключення нагнітаючої помпи подачі робочої суміші у трубопроводі;
- якщо амплітуда менша мінімальної, то спрацьовує команда включення нагнітаючої помпи подачі робочої суміші у трубопроводі.

Враховуючи вище описане для створення програми є всі необхідні модулі. Блок-схема основної програми показана на рис. 5.6.

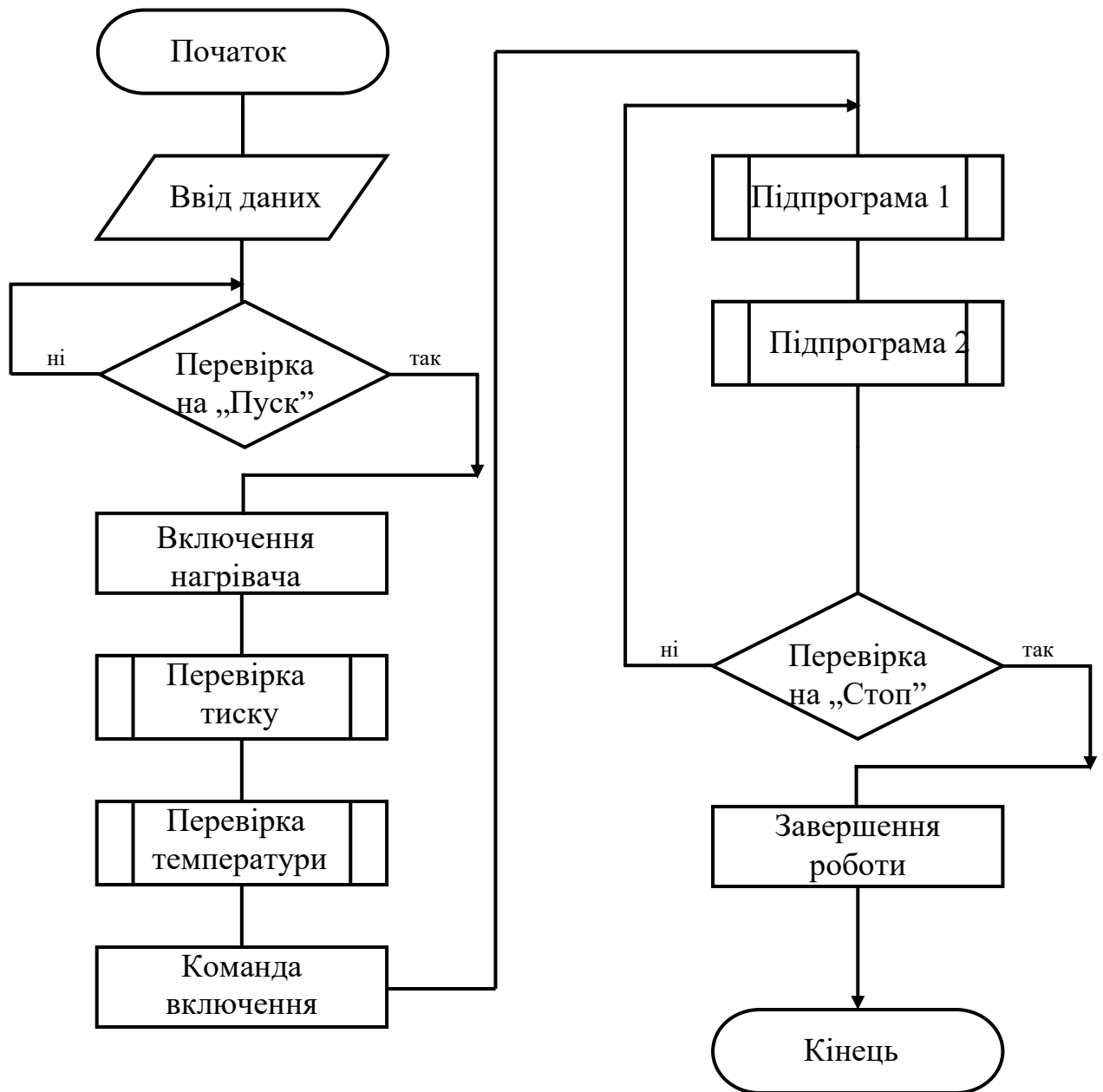


Рис.5.6 Блок-схема основної програми

Принцип роботи такої програми наступний:

- вводяться початкові дані;
- перевіряється команда „Пуск” ;

- отримується сигнал про включення нагрівача;
- виконується підпрограма перевірки напруги;
- виконується підпрограма перевірки температури;
- виконується підпрограма перевірки тиску;
- отримується сигнал про включення помпи;
- перевірка на команду „Стоп”;
- завершення контролюючої програми.

Даний проект виконаний із використанням таких відомих програмних пакетів автоматизованого проектування, як P-CAD™ і AutoCAD™, значно полегшуючих працю конструктора. Контролююча програма роботи установки представлена у додатку 2.



## 6 ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Розрахунок штучного освітлення для диспетчерської

За допомогою світла здійснюється зв'язок людини з навколишнім середовищем. Раціональне освітлення робочих місць забезпечує безпечні і здорові умови праці. Освітлення, яке відповідає санітарним нормам, є найголовнішою умовою гігієни праці і культури виробництва. При гарному освітленні усувається напруга зору, прискорюється темп роботи. При недостатньому освітленні очі сильно напружуються, темп роботи знижується, стомлюваність працівників збільшується, якість роботи знижується.

Для раціонального освітлення необхідне виконання наступних умов:

- постійна освітленість робочих поверхонь в часі (коливання напруги в мережі не повинні перевищувати 4% і виходити за межі встановлених норм);
- достатня і рівномірно розподілена яскравість освітлюваних робочих поверхонь;
- відсутність різких контрастів між яскравістю робочої поверхні і навколишнього простору;
- відсутність різких і глибоких тіней на робочих поверхнях і на підлозі в проходах, що досягається правильним розташуванням світильників, а також збільшення відображення світла від стелі і стін приміщення й освітлюваних робочих поверхонь.

Для освітлення приміщення диспетчерської будуть використовуватися люмінесцентні лампи, які необхідно застосовувати в першу чергу в приміщеннях з напруженими і точними роботами і які мають наступні переваги:

- високу світлову віддачу;
- тривалий термін служби;
- малу яскравість освітлюваної поверхні;
- більш економічні по витраті електроенергії;
- поверхня трубки лампи мало нагрівається.

Найбільш прийнятими для приміщень диспетчерської є люмінесцентні лампи типу ЛБ і ЛТБ. Світильники, вмонтовані в стелю, повинні встановлюватися так, щоб ковпаки виступали не більше, ніж на 50 мм від

поверхні стелі для зменшення запиленості. Ковпаки світильників виготовляються зі світлорозсіюючого матеріалу, з коефіцієнтом пропускання не менше 0.7.

Норма освітленості ( $E_{мін}$ ) залежить від розряду зорових робіт, виконуваних у даному приміщенні, що в свою чергу визначається мінімальним розміром об'єкта розрізнення.

Для диспетчерської із встановленими моніторами таким об'єктом є точка розміром 0,3-0,5 мм тобто робота в диспетчерській відноситься до категорії робіт високої точності – III.

Для цієї категорії робіт при загальному освітленні найменша освітленість  $E_{мін}=300$  лк.

## **6.2 Міри безпеки при виконанні регулювальних робіт та при роботі з хімічними речовинами**

При виконанні регулювальних робіт необхідно дотримуватись наступних мір безпеки:

- робочий стіл повинен бути виконаний із діелектричного матеріалу (дерево, пластик і т.п.), мати полки для розміщення контрольно - вимірювальної апаратури й обладнаний окремим електрощитком із загальним вимикачем, запобіжниками (автоматами), штепсельними гніздами і шиною захисного заземлення (занулення) із гвинтовими затискачами;

- на кожному робочому столі дозволяється одночасно налагоджувати один прилад;

- при налагодженні приладу користуватися вольтметром, омметром, амперметром напругою живлення 220 В.; підключатися до штепсельних гнізд електрощитка, оздобленим написом "220 В.;"

- заземлюються (зануляються) вимірювальні прилади шляхом приєднання до клем для заземлення (занулення) на електрощитку робочого столу, використовувані в приладах запобіжники повинні бути розраховані на встановлений струм (0.5 А.);

- перед включенням необхідно переконатися, що всі перемикачі встановлені в положення, що відповідає напрузі живильної мережі;
- виявляти й усувати дефекти в монтажі, замінити деталі дозволяється тільки після повного зняття напруги з устаткування і перевірки відсутності залишкових зарядів за допомогою заземленого розрядника;
- регулювання резисторів варто робити монтерським інструментом і ізолюючими ручками;
- по закінченні налагодження прилад повинен бути приведений у робочий стан.

### **6.3 Методи захисту від впливу електромагнітного імпульсу**

Надійний захист електротехнічних систем електронної апаратури від пошкоджень, що викликають ЕМІ, може бути успішною при комплексному вирішенні проблеми, яка включає питання оцінки ймовірності пошкодження апаратури і визначення шляхів і способів боротьби з наслідками такого впливу на етапі розробки систем і при їх експлуатації. В кожному конкретному випадку повинні бути знайдені найефективніші і економічно доцільні методи захисту електронної апаратури. Серед цих методів найбільш розповсюджені екранування, оптимальне просторове розміщення і заземлення окремих частин системи, застосування пристроїв, що запобігають перенапруженню в найбільш критичних місцях.

Одним з методів збільшення стійкості і захисту систем від дії сильного електромагнітного випромінювання є застосування металічних екранів. Вони відбивають електромагнітні хвилі, а в металічній основі відбувається їх затухання. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, стікає в землю, не спричинивши шкоди електронній апаратурі, що знаходиться в металічній коробці. Для розширення спектру частот електромагнітних випромінювань, що поглинаються, можуть застосовуватися різні типи екранів, виконані з різних матеріалів. При зборці екрану особлива увага приділяється електричному контакту між елементами. Тому для зборки екранів використовують панелі, що з'єднуються болтами. Найбільш надійний спосіб зборки екранів – зварювання. Екранування виготовленого таким чином екрану перевищує 100 дБ.

З'єднувальні кабелі – невід'ємна частина електротехнічної системи і потребує захисту від впливу ЕМІ. Наведені під дією ЕМІ напруження залежать від конструкції кабелів, природи кінцевих навантажень і конструкції роз'ємів, якості монтажу кабеля і зовнішнього оточення при його практичному використанні. Для захисту з'єднувальних кабелів їх прокладають в земельних траншеях під цементною або бетонною підлогою будівлі чи розташовують в спеціальні металічні коробки, що заземлюються. Надійність підвищується, якщо кабель розгалужується і підводиться до декількох кафів з розподільними трансформаторами. Вони не пропускають ЕМІ в системи керування і тим самим створюють умови для стійкої роботи обладнання.

Для захисту від ЕМІ використовують розрядники, що встановлюються на вхід і вихід апаратури. Основні функції розрядника – детектувати імпульс, розімкнути лінію або відвести енергію для попередження пошкодження в обладнанні. Для радіоелектронної апаратури, встановленої в приміщенні, що не має антенних пристроїв, основну небезпеку представляє імпульс, який пройшов по ланцюгу живлення. Для захисту апаратури можуть бути рекомендовані плавкі запобіжники і захисні пристрої (релейні чи електронні), що реагують на перевищення струму або напруги в колі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Результатом роботи є розроблений ІВК по вимірюванню температури і витрати етилового спирту. Даний канал може використовуватися для вимірювання неагресивних, нев'язких рідин, що не містять домішок газів, з робочою температурою до  $100^{\circ}\text{C}$ . Для здійснення контролю параметрів середовища в трубопроводі можливе підключення системи автоматичного регулювання як по температурі, так і по витраті робочого середовища.

Проведений розрахунок звужуючого пристрою дозволяє вибрати діафрагму, що забезпечує необхідний перепад тиску і втратами що задовольняють заданим. Вибір дифманометра що працює в комплекті з вторинним приладом типу КСПЗ, проводиться на верхню межу вимірювання 4000 Па.

Розрахунок схеми автоматичного моста і конструктивний розрахунок реохорда дають уявлення про вимоги, на підставі яких здійснюється вибір вторинного приладу вимірювання температури. Якщо є необхідність, то у вторинному приладі можна використовувати розраховану вимірювальну схему, що і було зроблено.

Узагальнена метрологічна характеристика розробленого ІВК – модуль сумарної похибки каналу – рівна 3,7 %. Це значення велике і не володіє потрібною точністю. Тому для зменшення значення сумарної похибки каналу рекомендується замінити первинний перетворювач «Сапфір» на ту ж модель, але з основною допустимою похибкою рівною 0,25 %, а також термоопір на ту ж модель, але з основною допустимою похибкою рівною 0,45 %.

Спроектований канал безаварійно експлуатуватиметься і надаватиме інформацію з необхідною точністю при виконанні всіх технічних умов експлуатації. А простота методів, їх надійність і доступність дозволяють подібним ІВК знаходити повсюдне застосування на різних відповідальних виробництвах.

Виконані розрахунки витратоміра змінного перепаду тиску, автоматичного урівноваженого моста і конструктивного розрахунку реохорда відповідають

вимогам нормативно-технічної документації на промислові засоби вимірювання і контролю систем автоматизації техпроцесів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецова н.І. Чуклін а.А. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по дисципліні технологічні вимірювання і прилади. Севастополь, 2000.
2. Мурін г.А. Теплотехнічні вимірювання. -М.: Енергія, 1979.
3. Преображенській в.П. Теплотехнічні вимірювання і прилади. -М.: Енергія, 1978.
4. Степанов в.І., Яхваров я.І., Іваньков в.М., Кузнецова н.І. інформаційні для Вимірника системи. Частина 1. -Севастополь: Сияєіп, 1999.
5. Керівний нормативний документ «Правила вимірювання витрат газів і рідин стандартними звужуючими пристроями» РД 50-213-80. –М.: Видавництво стандартів, 1982.
6. ГСП. Прилади автоматичні стежачого урівноваження КСМЗ, КСМЗИ, КСПЗ, КСПЗИ, КСУЗ ТЕ і ШЕ.
7. Діафрагми і сполучні лінії при вимірюванні витрати рідини, газу і пари. –М.: завод «Манометр», ТО і ЕІ, 1974.
8. Термопреобразователі опору типа ТСП-8053, ТСП-8054. ТО і ШЕ 5ЦО.282.144 ТЕ.
9. «Перетворювач вимірювальний Сапфир22.Техническое опис і інструкція по експлуатації.» 1987 р.

## Програма контролю та керування режимами роботи ІВК для дослідження тиску і витрат у трубопроводах

Мітка	Команда	Операнди	Байт	Цикл	Примітка
					;R7,R6 к-ть ділянок
					;R5,R4 номер поточної ділянки
					;P1.0 вхід опитування тригера показчика температури (поганий "1")
					;P1.1 індикатор 1 (режим тестування нагрівача)
					;P1.2 індикатор 2 (режим видачі результатів)
					;P1.3 (T1) вихід посилок на лічильники індикаторів (посилка "1")
					;P1.4 індикатор стану кнопки ;вибору ( 1 - натиснута)
					;P2.7 вихід скидання тригера показчика ;дефекту зразка (СКИДАННЯ "1")
					;P2.6 вихід скидання тригера клавіші ;вибору (СКИДАННЯ "1")
					;P3.0 (RXD) вихід скидання лічильників; індикатора (1-скидання)
					;P3.4 (T0) вихід генератора 10 кгц ;(постійно 0)
					;P3.5 (T1) вихід генератора 60 Гц
START:					
	SJMP	BEGIN			
	ORG	0003h			;Вектор обробки переривання INT0
	AJMP	V_INT0	2	2	
	ORG	000Bh			;Вектор обробки переривання T0
	AJMP	V_T0	2	2	
	ORG	0013h			;Вектор обробки переривання INT1
	RETI				
	ORG	001Bh			;Вектор обробки переривання T1
	RETI				
	ORG	0023h			;Вектор обробки переривання SR
	RETI				
	ORG	0028h			;Початок програми
					;Ініціалізація
BEGIN:					
	MOV	DPH, #11000000b			



MOV		3	2	;Установка адреси даних,
	DPL, #00h	3	2	;скидання триг. клавiші перебору і
				;показчика дефекту,
CLR	A	1	1	;Очищення
MOVX	@DPTR,A	1	2	
MOV	DPH, #00h	3	3	
MOVX	@DPTR,A	1	2	
SETB	P1.1	2	1	;Запалити iндикатор 1
CLR	P1.2	2	1	;Згасити iндикатор 2
CLR	P1.3	2	1	;Установка початкового стану
				;генератора посилок на iндикатори
CLR	P3.0	2	1	;Скидання лiчильникiв iндикатора
SETB	P3.0	2	1	
CLR	P3.0	2	1	
CLR	P3.4	2	1	;Установка початкового стану
				;генератора
MOV	R7, #00h	2	1	;Обнулення лiчильника поганих
дiлянок				
MOV	R6, #00h	2	1	
MOV	R5, #00h	2	1	;Обнулення лiчильника дiлянок
MOV	R4, #00h	2	1	
MOV	IP, #00h	3	2	;Пiоритети за замовчуванням
MOV	IE, #10000011b	3	2	;Регiстр маски переривань
				;IE.7=1 - дозвiл усiх переривань
				;IE.4=0 - заборона прер. вiд УАПП
				;IE.3=0 - заборона прер. вiд T1
				;IE.3=0 – заборона прер. вiд INT1
				;IE.2=1 - дозвiл прер. вiд T0
				;IE.2=1 - дозвiл прер. вiд INT0
MOV	TMOD, #0010001b	3	2	;Регiстр режиму роботи таймерiв
				;TMOD.7=0 - робота T1 якщо
				;установлений TR1(TCON.6)
				;TMOD.6=0 - робота T1 вiд
				;внутрiшнього джерела
				;TMOD.5=0,TMOD.4=1 - T1-16-
				;бiтний таймер
				;TMOD.3=0 - робота T0 якщо
				встановлений TR0(TCON.4)
				;TMOD.2=0 - робота T0 вiд
				;внутрiшнього джерела
				;TMOD.1=0,TMOD.0=1 –
				T0-16-бiтний
				;таймер
MOV	TCON,#00100010b			

			3	2	;Регістр управл./статусу таймера ;TCON.7=0 - переривання від T1 ;обслуговано ;TCON.6=0 - T1 зупинений ;TCON.5=1 – ;виклик переривання від T0 ;TCON.4=0 - T0 зупинений ;TCON.3=0 - переривання від INT1 ;обслуговано ;TCON.2=0 - INT1 ініціюється ;рівнем "0" ;TCON.1=1 - виклик ;переривання від INT0 ;TCON.0=0 - INT0 ініціюється рівнем ;"0" ;Основна програма
WAIT:					
	JNB	P1.4, WAIT 3		2	;Якщо кнопка не натиснута то ;чекаємо натискання
	CLR	IE.7	2	1	;Забороняємо всі переривання
	CLR	P1.1	2	1	;Згасити індикатор 1
	SETB	P1.2	2	1	;Запалити індикатор 2
	SETB	P3.0	2	1	;Скидання лічильників індикатора
	CLR	P3.0	2	1	
	MOV	DPTR, #0000h			
			3	2	;Показчик даних на початок (адреса ;0000h)
	MOV	R5, #0h	2	1	;Стан індикаторів
	MOV	R4, #0h	2	1	
	MOV	R3,R7		3	3 ;Збереження величини амплітуди ;
	MOV	R2,R6		3	3 ;Збереження величини амплітуди
WAIT1:					
	JNB	P1.4, WAIT1		3	2 ;Якщо кнопка не натиснута то ;чекаємо натискання
	CJNE	R2, #0h, LABEL3			
			3	2	;Перехід якщо молодший байт числа ;выбракованных ділянок не дорівнює 0
	CJNE	R3, #0h, LABEL4			
			3	2	;Перехід якщо старший байт числа ;выбракованих ділянок не дорівнює 0
	SJMP	WAIT			
LABEL4:					
	DEC	R3	1	1	;Зменшити старший байт на 1
	MOV	R2, #FFh	2	1	;Молодшому привласнити 0FFH
	SJMP	LABEL5			

LABEL3:				
DEC	R3	1	1	;Зменшити молодший байт на 1
LABEL5:				
ORL	DPH, #11000000b			
		2	1	;Встановлюємо 11 у старші розряди ;адреси даних
MOVX	@DPTR,A	1	1	2;Читання з ОЗУ старшого байта ;номера; бракованої ділянки
MOV	R1, A	1	1	;Збереження старшого байта в R1
INC	DPTR		1	2 ;Збільшення адреси
XRL	DPH, #11000000b			
		2	1	;Встановлюємо 00 у старші розряди ;адреси даних
MOVX	@DPTR,A	1	1	2 ;Читання з ОЗУ молодшого байта ;номера ;бракованої ділянки
MOV	R0, A	1	1	;Збереження молодшого байта в R0
INC	DPTR		1	2 ;Збільшення адреси
LABEL6:				
MOV	A, R5	1	1	
SUBB	A, R1		1	1
JC	LABEL6	2	2	;Якщо R1>R5, то перехід на LABEL6
MOV	A, R4	1	1	
SUBB	A, R0		1	1
JNC	WAIT2	2	2	;Якщо R0=R4, то перехід на WAIT2
INC	R4	1	1	;Збільшуємо слово (R5,R4) на 1
CLR	A	1	1	
ADDC	A,R5		1	1
MOV	R5, A	1	1	
CPL	P1.3	2	1	;Імпульс на лічильники індикатора
CPL	P1.3	2	1	
SJMP	LABEL6		2	2
WAIT2:				
MOV	R0, #FFh	2	1	;Затримка
AMWAY:				
MOV	R1, #FFh	2	1	
AMWAY1:				
DJNZ	R1, AMWAY1		2	2
DJNZ	R0, AMWAY		2	2
SJMP	WAIT1	2	2	
END ;Кінець програми				
;Підпрограма обробки переривання T0				
V_T0:	CLR	TCON.4	2	1 ;T0 зупинений

CPL	P3.5	2	1	;Інвертуємо стан виходу T1 (60 Гц)
MOV	TH0, 20h	3	2	
MOV	TL0, 8Dh	3	2	
SETB	TCON.4	2	1	
RETI		1	2	;Вихід із підпрограми
				;Підпрограма обробки переривання
				;INT0
V_INT0:				
MOV	R0, #20	2	1	;Кількість імпульсів /2
LABEL1:				
CPL	P3.4	2	1	;Інвертуємо P3.4
MOV	R1, #23	2	1	;Затримка на 23*2 цикли
LABEL2:				
DJNZ	R1, LABEL2	2	2	;Декримент R1 і повторити якщо не
0				
DJNZ	R0, LABEL1	2	2	;Цикл для створення імпульсів
CLR	A	1	1	;Очищення акумулятора
INC	R4	1	1	;Лічильник ділянок (R5,R4)+1
ADDC	A,R5	1	1	
MOV	R5,A	1	1	
CPL	P1.3	2	1	;Імпульс на лічильники індикатора
CPL	P1.3	2	1	
JNB	P1.0, EXIT0	3	2	;Перехід якщо зразок нормальний
INC	R6	1	1	;Лічильник
(R7,R6)+1				
ADDC	A, R7	1	1	
MOV	R7,A	1	1	
ORL	DPH, #11000000b	2	1	;Встановлюємо 11 у старші розряди
				;адреси даних для скидання тригерів
				;кнопки перебору й індикатора
				;якості
MOV	A, R5	1	1	;Запис в ОЗП старшого байта номера
MOVX	@DPTR,A	1	2	
INC	DPTR	1	2	;Збільшення адреси
XRL	DPH, #11000000b	2	1	;Встановлюємо 00 у старші розряди
				;адреси даних
MOV	A, R4	1	1	;Запис в ОЗП молодшого байта
				;номера ;бракованої ділянки
MOVX	@DPTR,A	1	2	
INC	DPTR	1	2	;Збільшення адреси
EXIT0:				
RETI		1	2	;Вихід із п/п