

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

# ***ЗАСОБИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ***

*(для студентів 5 курсу всіх форм навчання та слухачів  
другої вищої освіти спеціальностей  
7.06010107, 8.06010107- «Теплогазопостачання і вентиляція»)*

**ХАРКІВ  
ХНАМГ  
2012**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Засоби комерційного обліку енергоносіїв» (для студентів 5 курсу спеціальностей 7.06010107 і 8.06010107 - «Теплогазопостачання і вентиляція») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: С. М. Нубарян – Х. ХНАМГ, 2012. – 22 с.

Укладач: к. т. н., доц. С. М. Нубарян

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу та узгоджені з орієнтованою структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною Системою (ECTS).

Рекомендовано для студентів будівельних спеціальностей

Рецензент: д. т. н., проф. Б. С. Ільченко

Затверджено на засіданні каф. Експлуатації газових і теплових систем  
протокол № 3 від 24. 03. 2011 р.

## **ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

Лабораторні роботи з дисципліни «Засоби комерційного обліку енергоносіїв» присвячені вивченню технічних пристроїв, які застосовують для комерційного обліку газу в побутовій і комунально-побутовій сферах. Як технічні пристрої обліку газу, в лабораторних роботах розглядають об'ємні лічильники газу (мембранний і роторний), а також витратомір змінного перепаду тиску на основі звужуючого пристрою (діафрагми).

Лабораторні роботи виконують з метою закріплення отриманих на теоретичних заняттях знань, а також вивчення принципів дії і дослідження роботи засобів обліку газу. Виконання лабораторних робіт припускає отримання практичних навиків, що необхідні при експлуатації засобів комерційного обліку енергоносіїв.

Лабораторні роботи виконують на лабораторному стенді, схема якого наведена на рис. 1. При виконанні згаданих вище робіт, від студентів вимагають творчого підходу в плані проведення експериментів, а також уміння аналізувати і робити висновки за наслідками здійснених конкретних досліджень.

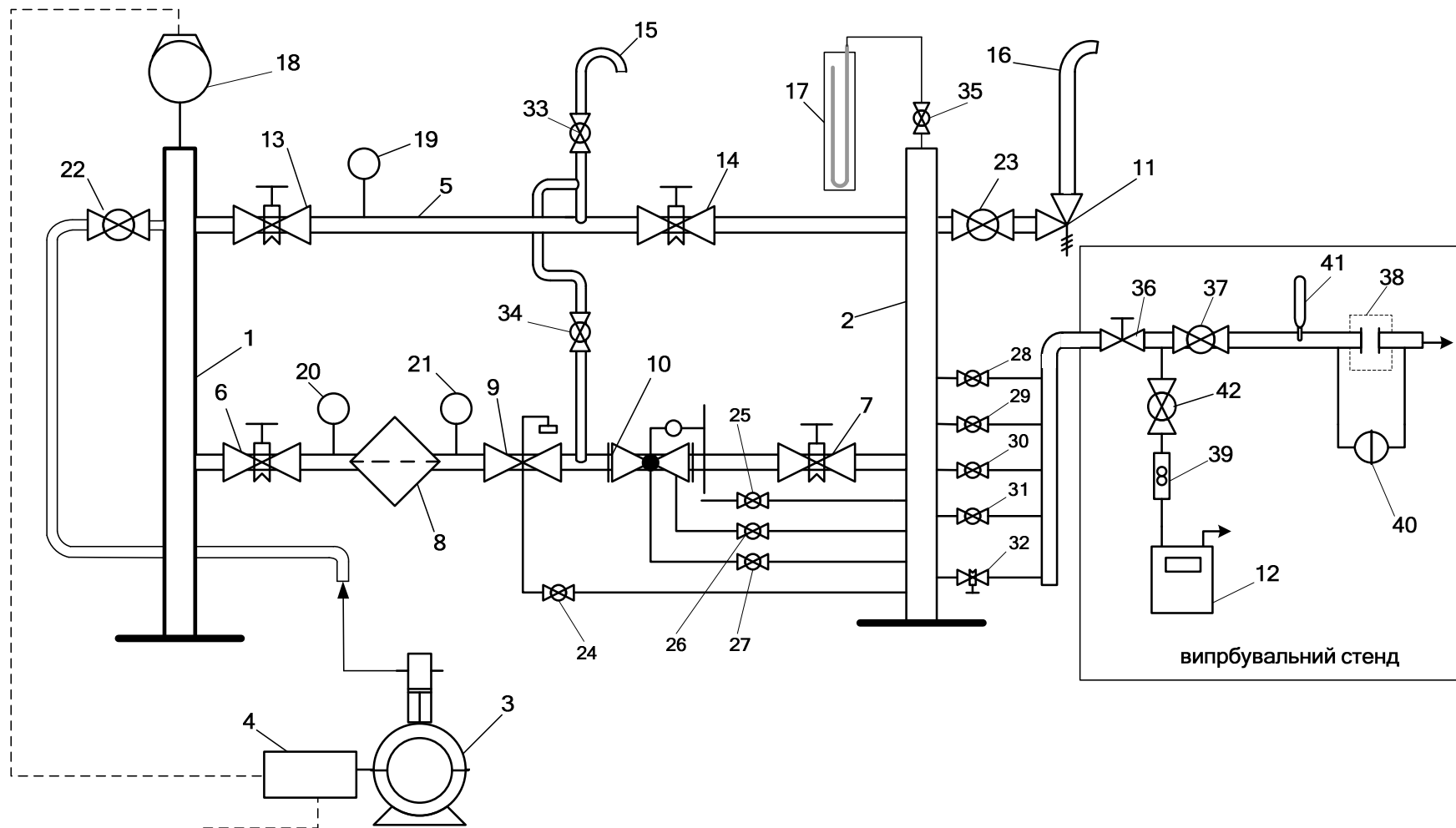
Усі роботи виконують в учбовій лабораторії кафедри «Експлуатація газових і теплових систем».

Студенти, що приступають до виконання лабораторних робіт, мусять:

- вивчити і дотримуватися правил техніки безпеки при виконанні робіт;
- ознайомитися зі змістом роботи і методикою її проведення;
- ознайомитися із засобами вимірювання і виконати експериментальну частину роботи;
- скласти і оформити в установленому порядку звіт про виконану роботу.

Лабораторну роботу вважають як виконану після надання оформленого звіту і відповіді на контрольні запитання.

Захист звіту по кожній виконаній лабораторній роботі підтверджується підписом викладача.



**Рис. 1 – Схема лабораторного стенду**

1- вхідний колектор; 2- вихідний колектор; 3- компресора; 4- схеми управління компресором; 5- байпасна лінія; 6, 7- вхідна і вихідна засувки; 8- фільтр газу; 9- ЗЗК; 10- регулятора тиску; 11- ЗСК; 12- лічильник газу; 13, 14- засувки; 15- продувочна свічка; 16- скидна свічка; 17- U-образний манометр; 18- манометр електроконтактний; 19,20,21- контрольні манометри; 22,23- крани; 24,25,26,27-крани в імпульсних лініях; 28,29,30,31,32-вихідні регулювальні крани; 33,34- продувочні крани; 35-контрольний кран; 36- регулювальний вентиль; 37- кран; 38- вузол підключення звужуючого пристрою; 39- зразковий витратомір; 40- дифманометр; 41- термометр; 42-кран.

## **ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Перед початком роботи потрібно:

1. Перевірити заземлення корпусу компресорної установки, яка є частиною лабораторного стенду.
2. Перевірити наявність огорожі рухомих частин електродвигуна компресорної установки.
3. Перед пуском компресора переконатися, що в ньому немає якого-небудь інструменту, деталі або іншого предмету, а крани на продувочних свічках закриті.
4. Перевірити правильність схеми підключення досліджуваного устаткування.

При виконанні лабораторної роботи необхідно:

- виконувати тільки ту роботу, яка доручена викладачем;
- повідомляти лаборанта (викладачеві) про всі відхилення в роботі устаткування;
- при виявленні напруги на металевих частинах компресора і лабораторної установки, негайно вимкнути їх і повідомити про це лаборантові або викладачеві;
- працювати справним інструментом і дотримуватися правил поведінки з ним;
- під час роботи компресора побоюватися захоплення одягу, рук або волосся рухомими частинами машини;
- при виникненні аварійних ситуацій негайно зупинити компресор натисненням червоної кнопки на ньому і відключити його від електромережі;
- бути уважним і акуратним під час виконання роботи, не відволікатися самому і не відволікати інших сторонніми розмовами;
- після закінчення роботи необхідно вимкнути устаткування, скинути надмірний тиск повітря з системи, прибрати робоче місце і здати інструмент.

### **ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАСОБИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ**

Як енергоносії в промисловості і в інших галузях народного господарства набули широкого застосування рідкі і газоподібні середовища. До них відносяться: пара, газоподібне і рідке паливо, вода і ін. З вимірюваннями витрати енергоносіїв доводиться стикатися дуже часто, що необхідне для контролю і управління технологічними процесами, а також при їх обліку і розподілі.

При вимірюваннях, що зв'язані з урахуванням кількості рідини, газу і пари, використовують прилади (пристрої), які названі витратомірами і лічильниками, що за принципом дії аналогічні. За своєю суттю лічильники є інтеграторами витрати за певний інтервал часу, що і визначає їх однотипність з витратомірами.

*Витратомір* - прилад, що вимірює кількість речовини, що проходить через відповідний перетин трубопроводу за одиницю часу.

*Лічильник* – прилад, що вимірює кількість речовини, що проходить через заданий перетин трубопроводу за певний проміжок часу. При цьому кількість речовини визначають як різницю двох послідовних показань лічильника в кінці і на початку відлікового тимчасового інтервалу. Тепер для комерційного обліку енергоносіїв використовують витратоміри і витратомірні комплекси, в основі яких лежать технічні засоби, що використовують різні принципи роботи.

Використання того або іншого типу витратоміру обумовлене властивостями вимірюваного середовища, умовами експлуатації, економічною доцільністю й іншими чинниками.

Застосування різних витратомірів для комерційного обліку енергоносіїв і для технологічних процесів висуває підвищені вимоги до їх метрологічних і надійнісних характеристик. До таких вимог, насамперед, відносяться: висока точність вимірювань, незалежність свідчень витратомірів від тиску і температури, розширення діапазонів вимірювання, підвищення безвідмовності в роботі і термінів служби.

Метою здійснення комерційного обліку енергоносіїв є визначення кількості енергоносіїв, що проходять через кожного учасника системи «постачальник - споживач» для проведення взаємних розрахунків. Оскільки обсяги енергоносіїв, що проходять, вимірюють за різних умов (температура, тиск, щільність і так далі), то часто виникає завдання приведення вимірних обсягів енергоносія до єдиних, постійних параметрів, що є обов'язковою умовою для газоподібних середовищ.

Центральними питаннями комерційного обліку енергоносіїв є достовірність обліку і забезпечення збігу результатів вимірювання на вузлах обліку постачальника і споживача. Так, наприклад, в системах газопостачання приведений до стандартних умов об'єм газу, що відпущений постачальником, має дорівнювати сумі приведених до стандартних умов обсягів газу, отриманих усіма споживачами. Це завдання називають зведенням балансів у межах стійкої структури газорозподілу.

Слід зазначити відмінність, що існує між вимірюванням витрати і кількості, і обліком. На відміну від результатів вимірювань, що завжди містять похибку, облік здійснюють між постачальником і споживачем за взаємоузгодженими правилами, які забезпечують формування значення кількості енергоносія в умовах, що не містять ніякої невизначеності.

При комерційному обліку енергоносіїв засоби вимірювання витрат різних середовищ є основними пристроями.

Існуючі пристрої обліку витрати газу за пропускною спроможністю класифікують G- рейтинговою системою і підрозділяються на наступні групи:

- побутові – з пропускною спроможністю до  $10 \text{ нм}^3/\text{год}$ ;
- комунально-побутові – з пропускною спроможністю  $10 - 40 \text{ нм}^3/\text{год}$ ;
- промислові – з пропускною спроможністю понад  $40 \text{ нм}^3/\text{год}$ .

G - рейтинг для газових лічильників визначають за їх номінальною пропускною спроможністю виходячи з наступного стандартного ряду:

$$G = (1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10) \times 10^N, \text{ де } N = 0, 1, 2, \dots$$

при цьому максимальну пропускну спроможність лічильника для відповідного G – рейтингу визначають значенням наступного рейтингу.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

## Дослідження роботи лічильників газу

### 1. МЕТА РОБОТИ

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією й принципом роботи мембранного лічильника газу.
- 1.2. Ознайомлення з конструкцією й принципом роботи роторного лічильника газу.
- 1.3. Отримання витратних характеристик мембранного й роторного лічильників газу.
- 1.4. Визначення похибки вимірювання.

### 2. УСТАТКУВАННЯ Й ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

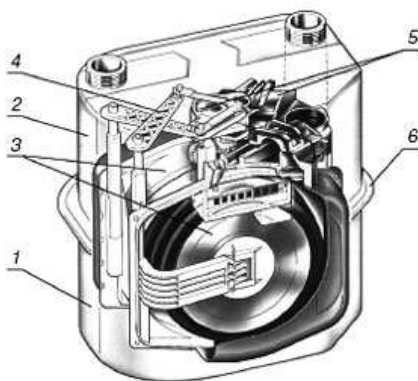
- 2.1. Лінія редукування з регулятором тиску газу типу РДУК-2-50.
- 2.2. Повітряний компресор ( $P_{вих} = 1,0$  МПа).
- 2.3. Водяний мікроманометр (шкала  $\pm 300$  мм вод. ст.).
- 2.4. Мембранний побутовий лічильник газу типу NPM (Gallus-2000).
- 2.5. Роторний комунально-побутовий лічильник газу типу РЛ.
- 2.6. Барометр - anerоїд.
- 2.7. Термометр.
- 2.8. Зразковий витратомір.
- 2.9. Секундомір.

### 3. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПОБУТОВІ ЛІЧИЛЬНИКИ ГАЗУ

#### 3.1. Мембранний лічильник

Мембранний (діафрагмовий, камерний) лічильник газу, принцип дії якого заснований на тому, що за допомогою різних рухомих перетворювальних елементів газ розділяють на долі обсягу, а потім проводять їх циклічне підсумовування.

Діафрагмовий лічильник (рис. 2) складається з корпусу 1, кришки 2, вимірювального механізму 3, механізму кривошипного важеля 4, що зв'язує рухомі частини діафрагм (мембран) з верхніми клапанами 5 газорозподільного пристрою, сідел клапана (нижня частина розподільного пристрою) і рахункового механізму.



**Рис. 2 - Мембранний лічильник газу**

1- корпус; 2- кришка; 3- вимірювальний механізм; 4- кривошипно - важільний механізм; 5- верхні клапани газорозподільного пристрою; 6- стяжна смуга.

Корпус і кришка лічильника можуть бути:

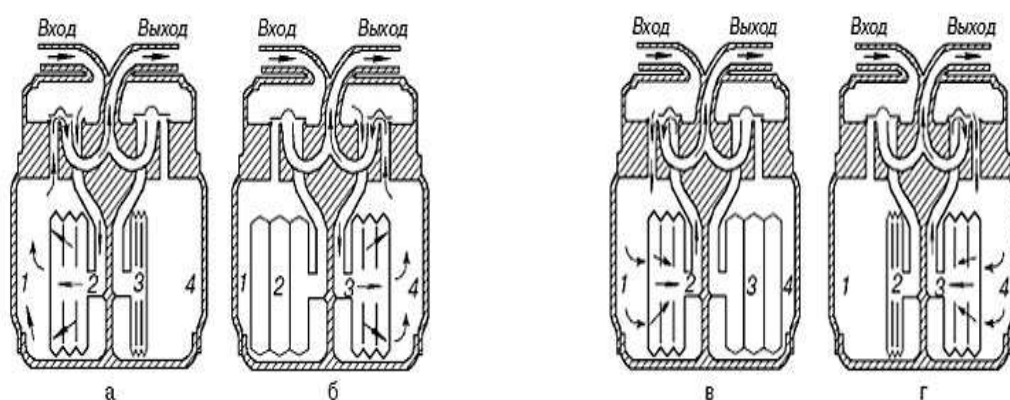
- сталевими, штампованими з покриттям проти корозії і іскроутворення. З'єднання сталевих штампованих корпусу і кришки здійснюється за допомогою герметизуючого матеріалу і стяжної смуги 6, які забезпечують щільне прилягання двох частин одна до одної;

- алюмінієвими, литими. Корпус і кришка лічильника з алюмінієвого виконання, герметично закриваються за допомогою спеціальних прокладок і комплекту гвинтів, один з гвинтів виконаний з пломбою.

Деталі й вузли вимірювального механізму для мембранних лічильників виготовляють з пластмаси. Застосування пластмасових вимірювальних механізмів значно знижує собівартість продукції, збільшує стійкість до дії хімічних компонентів, що знаходяться в газах, значно зменшує коефіцієнт тертя в рухомих частинах лічильника.

Залежно від конструкції та обсягів вимірюваного газу вимірювальний механізм може складатися з двох або чотирьох камер.

Принципова схема роботи діафрагмового лічильника зображена на рис. 3, а порядок роботи - в таблиці. 1.



**Рис. 3 - Принцип роботи діафрагмового лічильника газу**

**Таблиця 1 - Порядок роботи мембранного лічильника газу**

Становище камер лічильника (рис. 3)	Камера 1	Камера 2	Камера 3	Камера 4
а	Спустошується	Наповнюється	Порожня	Наповнена
б	Порожня	Наповнена	Наповнюється	Спустошується
в	Наповнюється	Спустошується	Наповнена	Порожня
г	Наповнена	Порожня	Спустошується	Наповнюється

Лічильник працює таким чином:

а) - вимірюваний потік газу через вхідний патрубок поступає у верхню порожнину корпусу і далі через відкритий клапан в камеру 2. Збільшення обсягу газу в камері 2 викликає переміщення діафрагми і витіснення газу з камери 1 на вихід з щілини сідла клапана і далі у вихідний патрубок лічильника. Після наближення важеля діафрагми до стінки камери 1 діафрагма зупиняється в результаті перемикання клапанних груп. Рухома частина клапана камер 1 і 2 повністю перекриває сідла клапанів цих камер, відключаючи цей камерний блок;



б) - клапан камер 3 і 4 відкриває вхід газу з верхньої порожнини корпусу лічильника в камеру 3, наповнює її, що викликає переміщення діафрагми і витіснення газу з камери 4 у вихідний патрубок через щілини в сидлі клапана. Після наближення важеля діафрагми до стінки камери 4, діафрагма зупиняється в результаті відключення клапанного блоку камер 3, 4;

в) - клапан камер 1, 2 відкриває вхід газу з верхньої порожнини корпусу лічильника в камеру 1. При подачі газу в камеру 1 діафрагма 1, 2 переміщається і витісняє газ з камери 2 у вихідний патрубок через щілини в сидлі клапана. Після наближення важеля діафрагми до стінки камери 2 діафрагма зупиняється в результаті відключення клапанного блоку камер 1, 2;

г) - клапан камер 3, 4 відкриває вхід газу з верхньої порожнини корпусу лічильника в камеру 4. При подачі газу в камеру 4, діафрагма 3, 4 переміщається і витісняє газ з камери 3 у вихідний патрубок через щілини в сидлі клапана. Після наближення важеля діафрагми до стінки камери 3 діафрагма зупиняється в результаті відключення клапанного блоку 3, 4.

Процес повторюється періодично. Рахунковий механізм підраховує число ходів діафрагм або число циклів роботи вимірювального механізму. За кожен повний цикл через лічильник витісняється обсяг газу, що дорівнює сумі обсягів камер 1, 2, 3 і 4. Один повний оберт вихідної осі вимірювального механізму відповідає 16-ти циклам.

Основні технічні характеристики мембранного лічильника газу типу NPM наведені в таблиці. 2.

**Таблиця 2 - Технічні характеристики мембранного лічильника газу**

Параметр	NPM-G1,6	NPM- G2,5	NPM- G4
Робоче середовище	зріджений газ, природний газ, вуглеводнева суміш, ацетилен, повітря		
Об'єм циклу, дм <sup>3</sup>	1,2		
Максимальна витрата м <sup>3</sup> /год	2,5	4	6
Мінімальна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,016	0,025	0,04
Максимальний робочий тиск, кПа	50		
Межа похибки %:			
- від Q <sub>min</sub> до 0,1 Q <sub>nom</sub>	±3		
- від 0,1 Q <sub>nom</sub> до Q <sub>max</sub>	±1,5		
Втрата тиску при Q <sub>max</sub> , Па	200		
Діапазон робочих температур, °С	від -40 до +50		
Розмір різьблення штуцерів, дюйм	G1¼		
Міжосьова відстань, мм	110		
Ду, мм	32		
Габаритні розміри, мм	188 × 163 × 218		
Маса, кг	1,6		
Міжперевірочний інтервал, рои	10		

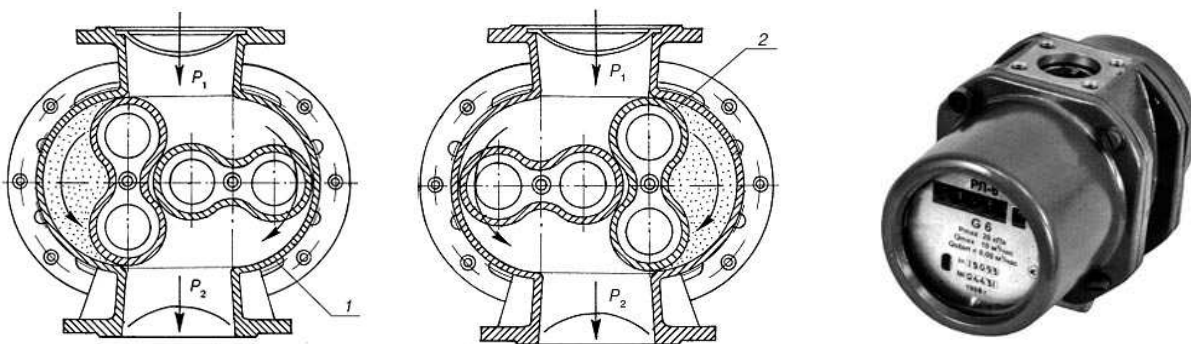
### **3.2. Роторний лічильник**

Роторні лічильники відносяться також до вимірників об'ємного типу, мають велику пропускну спроможність і значний діапазон вимірювань при порівняно невеликих габаритних розмірах. Роторні газові лічильники мають додаткові наступні позитивні якості: довговічність, можливість контролю справності роботи з перепаду тиску на лічильнику під час його роботи,

нечутливість до короточасних перевантажень. Роторні лічильники широко застосовують в комунальному господарстві, особливо для опалювальних котельних, а також на невеликих і середніх підприємствах і в побуті.

Роторний лічильник газу є камерним лічильником, в якому як перетворюючий елемент застосовують два восьмиобразні ротори. Схема і загальний вид ротаційного лічильника газу наведені на рис. 4.

Роторний газовий лічильник типу РЛ складається з корпусу 1, усередині якого обертаються два однакові восьмиобразні ротори 2 передавального і рахункового механізмів, пов'язаних з одним з роторів. Ротори приводяться в



**Рис. 4 - Роторний лічильник газу типу РЛ**  
1- корпус; 2- ротори.

обертання під дією різниці тиску газу, що поступає через верхній вхідний патрубок і виходить через нижній вихідний патрубок. При обертанні ротори обкатуються своїми бічними поверхнями. Синхронізацію обертання роторів досягають за допомогою двох пар однакових зубчатих коліс, які укріплені на обох кінцях роторів в торцевих коробках поза межами вимірювальної камери-корпуса. Для зменшення тертя і зносу шестерні роторів постійно змащуються мастилом, що залите в торцеві коробки.

Обсяг газу, що витиснений за півоберта одного ротора, дорівнює обсягу, який обмежений внутрішньою поверхнею корпусу і бічною поверхнею ротора, що займає вертикальне положення. За повний оберт роторів витісняються чотири таких обсяги.

При виготовленні ротаційних лічильників особливої уваги надають легкості ходу роторів і зменшенню неврахованих витоків газу через лічильник. Легкість ходу, що є якісним показником малого тертя в механізмі, а, отже, і малої втрати тиску в лічильнику, забезпечується установкою валів роторів на кулькові підшипники, зведенням до мінімуму тертя в редукторі і рахунковому механізмі, а також раціональним вибором конструктивних розмірів і частоти обертання роторів. Зменшення витоків газу досягають ретельною обробкою і взаємною підгонкою внутрішньої поверхні корпусу і поверхонь роторів, що труться. Зазор між корпусом і прямокутними майданчиками, які розташовані на кінцях найбільших діаметрів роторів, коливається від 0,04 до 0,1 мм залежно від типу лічильника. При виготовленні лічильників особливої уваги надають статичному балансуванню та обробці роторів.

Технічні характеристики роторних лічильників газу типу РЛ приведені в таблиці 3.

**Таблиця 3 - Характеристики роторних лічильників**

параметр	тип лічильника				
	РЛ-2,5	РЛ-4	РЛ-6	РЛ-10	РЛ-20
Номінальна витрата, м <sup>3</sup> /год.	2,5	4,0	6,0	10,0	20,0
Максимальна витрата, м <sup>3</sup> /год.	4,0	6,0	10,0	16,0	20,0
Мінімальна витрата, м <sup>3</sup> /год.	0,06	0,2	0,3	0,3	1,0
Поріг чутливості, м <sup>3</sup> /год.	0,012	0,016	0,040	0,025	0,12
Робочий надмірний тиск, кПа	-	25	-	20	-
Мінімально гарантований клас точності	±3,0	±2,0	±2,0	±2,5	±1,5
Кількість розрядів відлікового механізму	7			8	
Діаметр умовного проходу, мм	20			32	25
Умови експлуатації:					
- температура, °С	від -25о до +50о				
- відносна вологість %, до	98			95	
Габаритні розміри, мм	165x100x100			180x100x92	244x145x125
Маса, кг	2,0			2,3	6,0

Ці лічильники призначені для комерційного обліку об'ємної кількості неагресивних газів в межах від 0,016 м<sup>3</sup>/год. до 10 м<sup>3</sup>/год. у побуті, та РЛ-20 для використання в установках комунального господарства при витратах газу від 1 м<sup>3</sup>/год. до 20 м<sup>3</sup>/год.

#### **4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

4.1. Ознайомитися з характеристиками мембранного й роторного лічильників.

4.2. Під'єднати до лабораторної установки випробувальний стенд, підключивши до нього відповідний лічильник газу.

4.3. Відкрити і зафіксувати запобіжний запірний клапан 9 на лабораторній установці (рис. 1).

4.4. Відкрити вхідну 6 і вихідну 7 засувки, закрити засувки 13 і 14 в байпасній лінії, відкрити вхідний кран 22 і крани 28-32, 35.

4.5. Скинути залишковий тиск у системі шляхом відкриття й закриття продувочних кранів 33 і 34.

4.6. Установити вхідний тиск на установці за електроконтактним манометром 18 в межах  $P_{\max} = 0,3$  МПа, а  $P_{\min} = 0,2$  МПа.

4.7. Відкрити крани 25, 26 і 27 в імпульсних лініях регулятора тиску і максимально відвернути регулювальний стакан 10 на «пілотові» регулятора тиску, встановивши вихідний тиск регулятора, що дорівнює нулю (контролювати тиск за вихідним манометром 17).

4.8. Завертіть регулювальний гвинт 5 на ЗСК 11, забезпечивши його герметичне закриття, та відкрийте кран 23.

4.9. Включити компресор і почекати поки він відключиться (подальше включення і виключення компресора відбуватиметься автоматично в діапазоні тиску, що вказаний в п.4.6).

4.10. Загвинчуванням регулювального стакана «пілота» регулятора тиску газу встановити вихідний тиск за манометром 17, що дорівнює 200 мм вод. ст.

4.11. Поступово збільшити вихідний тиск регулятора до 400 мм вод. ст. з кроком 20 мм вод. ст. і визначить показання лічильника за певний проміжок часу, що відлічується за секундоміром. Визначити годинну витрату по формулі:

$$G = \frac{3600 \cdot Q}{t},$$

де  $Q$  – показання лічильника газу,  $\text{м}^3$ ;

$t$  – інтервал часу,  $\text{с}$ .

Результати вимірювань занести до таблиці 4.

**Таблиця 4 - Експериментальні дані**

мембранний лічильник газу											
$P_{\text{вих}}, \text{мм в.ст.}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
$Q, \text{м}^3$											
$t, \text{сек}$											
$G, \text{м}^3/\text{год.}$											
роторний лічильник газу											
$P_{\text{вих}}, \text{мм в.ст.}$	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
$Q, \text{м}^3$											
$t, \text{сек}$											
$G, \text{м}^3/\text{год.}$											

4.12. За наслідками вимірювань побудуйте графіки залежності пропускної спроможності лічильників від перепаду тиску на ньому.

4.13. Налаштуванням регулятора тиску газу установити вихідний його тиск за манометром 17, що дорівнює 200 мм вод. ст.

4.14. За допомогою регулювального вентиля 36 установіть різних 8 значень витрати через лічильник газу.

4.15. Зняти показання лічильника й зразкового расходомера 39, а результати занести в табл. 5.

4.16. Визначити помилку вимірювання в діапазонах  $Q_{\text{min}}-0,1Q_{\text{nom}}$  і  $0,1Q_{\text{nom}}-Q_{\text{max}}$ , а також поріг чутливості лічильника. Результати занести до таблиці. 5.

4.17. Повторіть пп 4.13 – 4.16 для налаштування регулятора тиску на 300 і 400 мм вод. ст.

**Таблиця 5 - Експериментальні дані**

мембранний лічильник газу								
Р вих 200 (300, 400) мм вод. ст.								
Витрата.	1	2	3	4	5	6	7	8
Гобр, м <sup>3</sup> /год.								
Q, м <sup>3</sup>								
t, сек								
G, м <sup>3</sup> /год.								
ΔG, м <sup>3</sup> /год.								
роторний лічильник газу								
Р вих 200 (300, 400) мм вод. ст								
Витрата	1	2	3	4	5	6	7	8
Гобр, м <sup>3</sup> /год.								
Q, м <sup>3</sup>								
t, сек								
G, м <sup>3</sup> /год.								
ΔG, м <sup>3</sup> /год.								

## 5. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт відносно проведеної лабораторної роботи, яку представляють до захисту, мусить містити наступне:

5.1. Мета лабораторної роботи.

5.2. Ескізний варіант схеми проведення випробувань відповідно до схеми лабораторної установки.

5.3. Таблиці 4 і 5 з отриманими експериментальними даними і графіки залежності пропускної спроможності лічильників від перепаду тиску на них.

5.4. Висновки по роботі.

## 6. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1. Які основні принципи комерційного обліку енергоносіїв?

6.2. У чому відмінність лічильників і витратомірів для енергоносіїв?

6.3. Поясніть принцип роботи мембранного лічильника.

6.4. Опишіть конструкцію і принцип роботи роторного лічильника.

6.5. Що таке G – рейтинг для лічильника газу? Які рейтинги Вам відомі?

6.6. Як класифікують лічильники газу?

6.6. Як залежить помилка вимірювання лічильника газу від його свідчень?

6.7. Для яких споживачів використовують мембранні і роторні лічильники?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### Вимірювання витрат енергоносіїв за допомогою звужуючих пристроїв

#### 1. МЕТА РОБОТИ

- 1.1. Ознайомлення з конструкцією звужуючих пристроїв.
- 1.2. Ознайомлення з приладами, вживаними із звужуючими пристроями.
- 1.3. Отримання витратних характеристик звужуючих пристроїв.
- 1.4. Визначення витрати газу за допомогою звужуючих пристроїв.

#### 2. УСТАТКУВАННЯ Й ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

- 2.1. Лінія редукування з регулятором тиску газу типу РДУК-2-50.
- 2.3 Повітряний компресор ( $P_{вих} = 1,0$  МПа).
- 2.3. Водяний мікроманометр (шкала  $\pm 300$  мм вод. ст.).
- 2.4. Звужуючий пристрій (діафрагма, сопло, труба Вентурі).
- 2.5. Роторний комунально-побутовий лічильник газу типу РЛ.
- 2.6. Барометр - анероїд.
- 2.7. Термометр.
- 2.8. Вимірник перепаду тиску.
- 2.9. Штангенциркуль.

### 3. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИМІРЮВАННЯ ЗВУЖУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

#### 3.1. Теоретичні відомості

При вимірюванні витрат рідин, газу і пари за допомогою звужуючих пристроїв, останні виконують функцію первинного перетворювача (датчика) швидкості потоку в перепад тиску і встановлюються в трубопроводах. При протіканні речовини через звужуючий пристрій створюється перепад тиску  $\Delta P$ , який залежний від швидкості потоку  $i$ , отже, витрати речовини.

Отриманий на звужуючому пристрої перепад тиску може бути зміряний за допомогою різного типу дифманометров, що підключаються до двох отворів в трубопроводі, розташованих до і після звужуючого пристрою.

Як звужуючі пристрої для вимірювання витрати рідини, газу і пари широко застосовують стандартні діафрагми, сопла, сопла і труби Вентурі.

У загальному випадку об'ємну витрату газу ( $m^3/c$ ) визначають за формулою:

$$Q_0 = \alpha \cdot \varepsilon \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}},$$

де  $\Delta P$  - перепад тиску на звужуючому пристрої, кгс/м<sup>2</sup> (мм вод. ст.);

$d$  – діаметр звужуючого пристрою, мм;

$\rho$  – щільність газу, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  – коефіцієнт витрати звужуючого пристрою;

$\varepsilon$  – коефіцієнт розширення газу після звужуючого пристрою.

При комерційному обліку газових середовищ їх об'ємну витрату, приводять до нормальних (стандартних) умов ( $P_H = 1,0332$  кгс/см<sup>2</sup> і  $T_H = 293,15$  К) і визначають за наступним виразом:

$$Q_H = Q_0 \cdot \frac{P \cdot T_H}{P_H \cdot T \cdot z},$$

де  $Q_H$  – витрата газу за нормальних умов,  $\text{нм}^3/\text{с}$ ;  
 $P, T$  – абсолютні тиск і температура газу за робочих умов;  
 $z$  – коефіцієнт стисливості газу.

Коефіцієнт витрати звужуючих пристроїв ( $\alpha$ ), що входить до рівняння витрати є основною їх характеристикою, яка залежить від модуля звужуючого пристрою і значення числа Рейнольдса ( $Re$ ), що характеризує потік вимірюваного середовища. Вимірювання витрати за допомогою звужуючих пристроїв має проводитися тільки при турбулентних режимах перебігу потоку. При цьому для забезпечення турбулентного режиму перебігу потоків через звужуючі пристрої на мінімальні значення чисел Рейнольдса накладаються обмеження ( $Re_{\min}$ ) для різних модулів звужуючих пристроїв. При використанні діафрагми (як звужуючого пристрою) значення мінімальних чисел Рейнольдса ме бути в наступних діапазонах:

при  $0,05 \leq m \leq 0,2$   $Re_{\min} = 5 \cdot 10^3$ ;  
 $0,2 < m \leq 0,59$   $Re_{\min} = 10^4$ ;  
 $0,59 < m \leq 0,64$   $Re_{\min} = 2 \cdot 10^4$ .

Модуль діафрагми визначають за формулою:

$$\frac{F_0}{F_1} = \frac{d^2}{D^2} = m,$$

де  $d, D$  – діаметр отвору діафрагми і трубопроводу, відповідно;  
 $F_0, F_1$  – площа перетину отвору діафрагми і трубопроводу.

Визначення коефіцієнта витрати  $\alpha$  для діафрагми залежно від її модуля і значення числа Рейнольдса здійснюють за інтерполяційною залежністю наступного вигляду:

$$\alpha_v = \frac{k_n}{\sqrt{1-m^2}} \left[ 0,5959 + 0,0312 \cdot m^{1,05} - 0,184 \cdot m^4 + 0,0029 \cdot m^{1,25} \cdot \left( \frac{10^6}{Re} \right)^{0,75} \right],$$

де  $k_n$  – коефіцієнт, що враховує притуплення вхідної кромки діафрагми (для нових діафрагм  $k_n = 1$ ).

Число Рейнольдса ( $Re$ ) є безрозмірним критерієм гідродинамічної подібності потоків і визначає собою міру відношення сил інерції до сил в'язкого тертя потоку. У загальному випадку критерій Рейнольдса прямо пропорційний швидкості потоку, визначальному геометричному лінійному розміру (зазвичай характерний діаметр  $D$ ) і зворотно пропорційний в'язкості вимірюваного середовища, який визначають відповідно до виразу:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu},$$

де  $V$  – швидкість потоку,  $\text{м}/\text{с}$ ;  
 $D$  – характеристичний діаметр,  $\text{м}$ ;  
 $\nu = \mu/\rho$  – кінематична в'язкість потоку,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  
 $\mu$  – динамічна в'язкість,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;  
 $\rho$  – щільність вимірюваного середовища,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Коефіцієнт розширення газу  $\epsilon_d$  для діафрагм, що входить до рівняння витрати, визначають за наступним виразом:

$$\varepsilon_d = 1 - (0,41 + 0,35 \cdot m^2) \frac{\Delta P}{P \cdot k},$$

де  $\Delta P$  – перепад тиску на звужуючому пристрої, кгс/см<sup>2</sup>;

$P$  – робочий тиск газового середовища, кгс/см<sup>2</sup>;

$m$  – модуль звужуючого пристрою;

$\kappa = C_p/C_v$  – показник адіабати (ізоентропії) ідеального газу;

$C_p, C_v$  – теплоємності газу при постійному тиску і обсязі.

### 3.2. Конструкція звужуючих пристроїв

Як звужуючий пристрій в лабораторній роботі використовують нормальну діафрагму, виготовлену із сталі, креслення якої зображене на рис. 5. Підключення діафрагм до дифманометру відрізняється способом відбору перепаду тиску. На практиці розрізняють кутовий і фланцевий спосіб відбору перепаду тиску. При цьому основні співвідношення для діафрагм наступні (рис. 5):

*діафрагми з кутовим способом відбору перепаду тиску*

$E \leq 0,05 D_{20}$ ;  $0,005 D_{20} \leq e \leq 0,02 D_{20}$ ;  $30^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$ ;  $a \times b \geq \frac{1}{2} \pi \cdot c \cdot D_{20}$ ;

$c \leq 0,03 D_{20}$  (при  $m \leq 0,45$ ) и  $0,01 D_{20} \leq c \leq 0,02 D_{20}$  (при  $m > 0,45$ );

для чистих рідин і газів –  $1 \text{ мм} \leq c \leq 12 \text{ мм}$ ;  $r_{\text{вх}} \leq 0,0004 d_{20}$ .

*діафрагм з фланцевим способом відбору перепаду тиску*

$$l_1 = l_2 = 25,4 \pm A \text{ мм},$$

$$\text{де } A = \begin{cases} 0,5 \text{ мм} & \text{при } m > 0,36 \text{ и } 58 \text{ мм} < D < 150 \text{ мм}; \\ 1 \text{ мм} & \text{при } \begin{cases} m \leq 0,36; \\ m > 0,36 \text{ и } 50 \text{ мм} \leq D \leq 58 \text{ мм}; \\ m > 0,36 \text{ и } 150 \text{ мм} \leq D \leq 760 \text{ мм}. \end{cases} \end{cases}$$

### 3.3. Прилади для вимірювання перепаду тиску

При комерційному обліку енергоносіїв спільно зі звужуючими пристроями для вимірювання перепаду тиску застосовують різні диференціальні манометри.

Граничний перепад тиску для дифманометров, які випускають серійно, визначають за стандартним рядом, відтвореним у ГОСТ 18140-77:

$$\Delta P_{np} = (1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3) \times 10^n \text{ для } n = 0, 1, 2, 3.$$

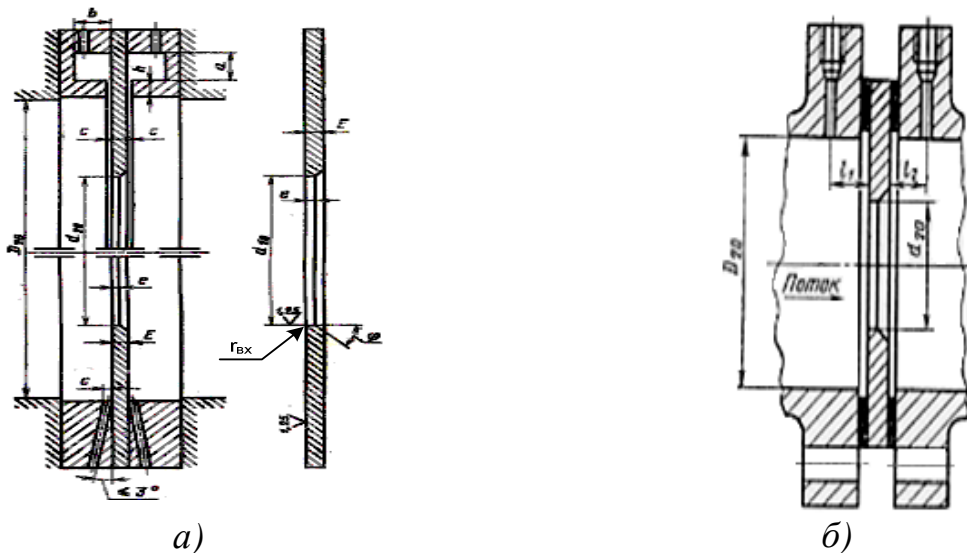
При цьому  $\Delta P_{np \text{ max}} = 2500 \text{ кгс/м}^2 \text{ (мм вод. ст.)}$ .

Гранична вимірювана об'ємна витрата серійними дифманометрами відповідає стандартному ряду:

$$Q_{np} = (1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8) \times 10^n \text{ (при цьому } Q_{\text{min}} \leq 30\% Q_{\text{пр}}).$$

У дифманометрі типу ДКО (рис. 6) дзвін 3, підвішений на постійно розтягнутій пружині 5, частково занурений в розділову рідину, налиту в судину 4. Рідина розділяє плюсову камеру (під дзвоном) від мінусової (над дзвоном). У нижній частині дзвону прикріплений кільцевий вантаж 10, який за будь-яких переміщень дзвону має залишатися зануреним у рідину. Дифманометр забезпечений диференціально – трансформаторним перетворювачем 9, який закріплений на розділовій трубці 8. У середині розділової трубки знаходиться сердечник 11, жорстко пов'язаний зі дзвоном за допомогою стрижня 7, виконаний з немагнітної сталі. Дифманометр має два запірних вентиля для включення і виключення приладу і один зрівняльний ventиль.

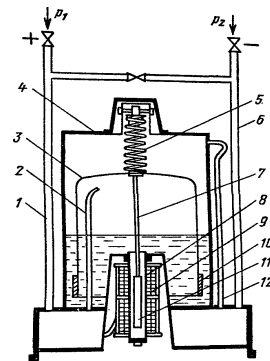




**Рис. 5 – Конструкція діафрагми і способи відбору перепаду тиску**  
**а – кутовий; б- фланцевий**

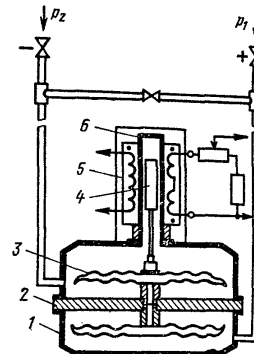
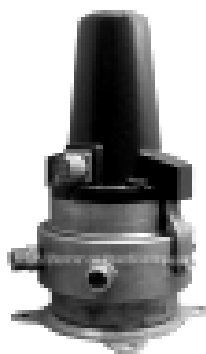
$D_{20}$ - внутрішній діаметр трубопроводу при;  $d_{20}$ -діаметр отвору діафрагми при;  
 $E$ - товщина диска діафрагми;  $e$ - довжина циліндрової частини отвору діафрагми;  
 $c$ - діаметр отвору для відбору імпульсів тиску або товщина кільцевої щілини (для діафрагм з кільцевими камерами);  $a$  і  $b$  – висота і ширина кільцевої камери;  
 $h$ - товщина стінки камери;  $\varphi$ - кут скосу конічної частини отвору діафрагми;  
 $r_{вх}$ - радіус закруглення входної кромки

На рис. 6 зображений дифманометр дзвонового типу, а на рис. 7 – мембранного типу.



**Рис. 6 - Дифманометр дзвоновий типу ДКО**

1, 2, 6, 12- імпульсні трубки; 3- дзвін; 4- корпусу; 5- компенсаційна пружина;  
 7- шток; 8- розділова трубка; 9- диференціальний трансформатор;  
 10- кільцевий вантаж; 11- сердечник трансформатора.



**Рис. 7 - Дифманометр мембранний типу ДМ**

1, 3– мембранні коробки; 2- жорстка підстава; 4- сердечник трансформатора;  
 5- диференціальний трансформатор; 6- кожух з немагнітної сталі.

При роботі приладу більший тиск  $p_1$  подається через вентиль «+» і трубку 1 в запасну камеру, а потім по трубці 2 - в простір під дзвоном. Менший тиск  $p_2$  через вентиль «-» і трубку 6 поступає до другої запасної камери і через трубку 12 надходить в простір над дзвоном. Під дією вимірюваної різниці тиску  $p_1 - p_2$  дзвін і жорстко пов'язаний з ним сердечник диференціально-трансформаторного перетворювача переміщуються до тих пір, поки зусилля від прикладеної до дзвону різниці тиску не урівноважиться пружними силами гвинтової пружини. Переміщення сердечника міняє взаємну індуктивність між первинним і вторинним ланцюгами перетворювача і приводить до зміни вихідного сигналу.

При роботі дзвонового дифманометра рівень розділової рідини і свідчення приладу знаходитимуться на нульовій відмітці до тих пір, поки тиск, що підводиться, в обидві камери дифманометра буде рівний. У цьому випадку сила, що діє на дзвін, дорівнює різниці між силами тяжіння дзвону і гідростатичного тиску, буде урівноважена силою пружності пружини.

У дифманометрі типу ДМ (рис. 7) мембранні коробки 1 і 3 закріплені з двох боків підстави 2, які утворюють з кришками корпусу дві камери: знизу – «плюсову»; зверху – «мінусову». Центр мембрани верхньої коробки 3 жорстко пов'язаний з сердечником 4 диференціального трансформатора 5 за допомогою немагнітного сталевго штока. Рухомий сердечник трансформаторного перетворювача поміщений усередину кожуха 6, виготовленого з немагнітної нержавіючої сталі. У приладі передбачено також пристрій, що дозволяє переміщати трансформатор 5 уздовж розділового кожуха, що дає можливість корегування нульового значення вихідного сигналу при налаштуванні.

Тиск  $p_1$  і  $p_2$  підводять до камер дифманометра через два запірних вентиля, позначених «+» і «-», сполучених з плюсовою і мінусовою камерами дифманометра. Для з'єднання цих камер між собою в приладі передбачений зрівняльний вентиль, розташований нижче за запірні вентиля. Під впливом різниці тиску нижня мембранна коробка стискується і рідина з неї перетікає у верхню коробку, викликаючи переміщення центру мембрани верхньої коробки, а разом з тим і сердечника диференціально - трансформаторного перетворювача. Це переміщення приводить до зміни взаємної індуктивності між первинною і вторинною обмотками перетворювача, а отже, і до зміни напруги на його виході, яка пропорційно вимірювана перепаду тиску.

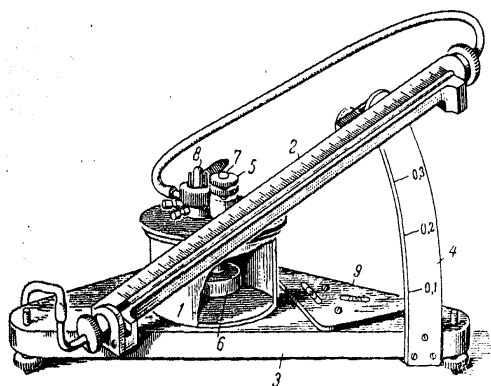
Залежно від значення граничного номінального перепаду тиску в дифманометрах типу ДМ, встановлюють мембранні блоки необхідної жорсткості. Ці дифманометри мають класи точності 1,0 і 1,5 і широко застосовуються як витратоміри в комплекті із звужуючими пристроями.

При вимірюваннях в лабораторних умовах широке застосування знайшли мікроманометри з похилою трубкою типу ММН, який показаний на рис. 8.

При вимірюванні тиску імпульс підводиться до широкої судини, а при вимірюванні розрідження - до похилої трубки. У разі вимірювання різниці тиску високий тиск підводять до широкої судини, а низький - до трубки.

У даному приладі зі зміною нахилу трубки змінюється межа вимірюваного тиску. Чим менший кут нахилу, тим менша межа вимірювання і тим вища точність

вимірювань при одній і тій же шкалі і робочій рідині. Шкалу мікроманометра ММН градуюють в міліметрах водяного стовпчика для робочої рідини – спирту. Мікроманометри даного типу випускають з класом точності 0,5 і 1,0.



**Рис. 7- Мікроманометр з похилою трубкою:**

- 1 - широка судина; 2 - похила трубка; 3 - постамент; 4 - установочна стійка;  
5 - установка нуля; 6 - регулювальний циліндр; 7 –регулювальний гвинт;  
8 - багатоходовий кран; 9- індикатор рівня.

Під дією вимірюваного тиску рівень робочої рідини в трубці, що нахилена до горизонту під кутом  $\alpha$ , підніметься по вертикалі на висоту  $h_1$ , а в широкому суді опуститься на  $h_2$ . Тоді вимірюваний перепад тиску на звужуючому пристрої (різниця висот у приладі) визначиться відповідно до виразу:

$$h = h_1 + h_2, \text{ де } h_1 = n \cdot \sin \alpha,$$

де  $n$  – переміщення робочої рідини в похилій трубці, мм;

$\alpha$  – кут нахилу вимірювальної трубки.

#### **4. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

4.1. Ознайомтеся із принципом роботи використовуваного вимірника перепаду тиску.

4.2. Під'єднати до лабораторної установки випробувальний стенд, підключивши до нього вузол із звужуючим пристроєм, заздалегідь визначивши його модуль.

4.3. Провести пп 4.3 – 4.9, що відмічені в лабораторній роботі № 1.

4.4. Установити вихідний тиск за манометром 17 (рис. 1) за допомогою регулятора тиску 10, що дорівнює, рівне 300 мм вод. ст.

4.5. Відкрити кран 42, а кран 37 - закрити.

4.6. За допомогою вентиля 36 установити величину витрати повітря, що відповідн  $R_{\min}$  для даного модуля звужуючого пристрою (для цього використовуйте витратомір 39 або лічильник 12 як контрольний вимірник).

4.7. Розрахувати коефіцієнт витрати  $\alpha$  для звужуючого пристрою.

4.8. Відкрити кран 37, а кран 42 - закрити і визначити перепад тиску на звужуючому пристрої, результат занесіть до таблиці 6.

4.9. Розрахувати витрату повітря, по перепаду тиску на звужуючому пристрої, (розрахувавши заздалегідь коефіцієнт розширення  $\epsilon$ ), результат занести до таблиці 6.

4.10. Відкрити кран 42, а кран 37 - закрити.

4.11. Небагато збільшіть витрату за допомогою вентиля 36 та визначте витрату повітря контрольним приладом, результат вимірювання занесіть до таблиці 6.

4.12. За допомогою кранів 42 і 37 перемкнути потік повітря на звужуючий пристрій і повторити пп 4.8 - 4.11 для восьми значень витрати.

4.13. Визначити розрахунковим шляхом для експериментальних даних витрату, приведену до стандартних умов, при цьому прийняти коефіцієнт стисливості  $z = 1$ , а значення температури, тиску повітря та атмосферного тиску отримати за показаннями відповідних приладів. Результати занести також в табл. 6.

**Таблиця 6 - Визначення витрати за допомогою звужуючого пристрою**

$P_{\text{вих}} = 300 \text{ мм вод. ст.}$								
Витрата.	1	2	3	4	5	6	7	8
$Q_{\text{обр}}, \text{м}^3/\text{год.}$								
$\Delta P, \text{кПа}$								
$Q_{\text{роз}}, \text{м}^3/\text{год.}$								
$Q_{\text{н}}, \text{м}^3/\text{год.}$								

## 5. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт відносно проведеної лабораторної роботи, яку представляється до захисту мусить містити наступне:

5.1. Мета лабораторної роботи.

5.2. Ескізний варіант схеми проведення випробувань відповідно до схеми лабораторної установки.

5.3. Таблицю 6 з отриманими експериментальними даними, а також графіки залежності витрати від перепаду тиску на звужуючому пристрої і витрати, визначеної по контрольному приладу.

5.4. Висновки по роботі.

## 6. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1. Що є основним завданням при розрахунку звужуючого пристрою?

6.2. Який сигнал на виході звужуючого пристрою, дозволяє визначити величину витрати вимірюваного середовища в трубопроводах?

6.3. Які прилади застосовують для вимірювання вихідного сигналу від звужуючих пристроїв?

6.4. Який граничний перепад тиску може бути отриманий на диференціальних манометрах, які серійно випускають?

6.5. Які типи звужуючих пристроїв Вам відомі?

6.6. Що називають модулем звужуючого пристрою?

6.7. За якої формули приводять витрату газу до нормальних умов?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. - Л.: Машиностроение, 1975. – 776 с.
- 2.Правила измерения расхода газов и жидкостей стандартными сужающими устройствами РД 50-213-80. - М.: Изд-во стандартов, 1982.–320 с.
- 3.Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. - М.: Энергия, 1978. – 704 с.
- 4.Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник / Под ред. Черенкова В.В. - Л.: Машиностроение, 1987. – 847 с.
- 5.Нубарян С.М. Контрольно-измерительные приборы в теплотехнических измерениях: Курс лекций. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 283 с.
- 6.Расчет и конструирование расходомеров. Под ред. П.П. Кремлевского. – М.: Машиностроение, 1978. – 224 с.
- 7.Нубарян С.М., Нубарян А.С. Тепловой неконтактный расходомер газа. Труды 27-й Международной научно-практической конференции «Коммерческий учет энергоносителей» – СПб: Борей-Арт, 2005, с.145-153.
- 8.Нубарян С.М., Средства коммерческого учета энергоносителей: Учебное пособие для студентов специальности ТГВ, Х., ХНАГХ, 2009.–160 с.

Зміст	стор.
Загальні положення.....	3
Техніка безпеки при виконанні лабораторних робіт.....	5
Основні відомості про засоби комерційного обліку.....	5
<i>Лабораторна робота №1</i>	
Дослідження роботи лічильників газу.....	7
1. Мета роботи.....	7
2. Устаткування й інструмент для проведення роботи.....	7
3. Основні відомості про побутові лічильники газу.....	7
3.1. Мембранний лічильник.....	7
3.2. Роторний лічильник.....	9
4. Порядок виконання роботи.....	11
5. Зміст звіту.....	13
6. Контрольні запитання.....	13
<i>Лабораторна робота №2</i>	
Вимірювання витрат енергоносіїв за допомогою звужуючих пристроїв.....	14
1. Мета роботи.....	14
2. Устаткування й інструмент для проведення роботи.....	14
3. Основні відомості про вимірювання звужуючими пристроями.....	14
3.1. Теоретичні відомості.....	14
3.2. Конструкція звужуючих пристроїв.....	16
3.3. Прилади для вимірювання перепаду тиску.....	16
4. Порядок виконання роботи.....	19
5. Зміст звіту.....	20
6. Контрольні запитання.....	20
Список рекомендованих джерел.....	21

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни  
**«Засоби комерційного обліку енергоносіїв»**  
(для студентів 5 курсу всіх форм навчання  
та слухачів другої вищої освіти спеціальностей  
7.06010107, 8.06010107- «Теплогазопостачання і вентиляція»)

Укладач **НУБАРЯН** Сергій Манукович

Відповідальний за випуск *І. І. Катцов*

Редактор *Д. Ф. Курильченко*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 144М

Підп. до друку 17.11.2011р.

Друк на різнографі

Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16.

Ум. друк. арк. 1,2

Зам. №\_\_\_\_\_

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rektorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rektorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.