

Міністерство освіти і науки України  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Катамай Владислав Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 681.518.22

(індекс)

## МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу  
випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики

лічильників газу

(назва роботи)

Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

152 "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка"

(шифр і назва спеціальності)

**Робота містить результати власних досліджень, використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне  
джерело:**

Здобувач освітнього ступеня \_\_\_\_\_ В. Б. Катамай

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник \_\_\_\_\_ Середюк Орест Євгенович, д.т.н., проф.

(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

**О. Є. Середюк**

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

**Івано-Франківськ – 2024**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інформаційних технологій

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Спеціальність 152 "Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка"  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МІВТ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Катамаю Владиславу Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу

керівник роботи, Середюк Орест Євгенович, д.т.н, професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 31 травня 2022 року №\_143/7

2. Строк подання студентом роботи.

3. Вихідні дані до роботи: тип лічильників газу мембранні; результати повірки побутових лічильників у ДП "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ"

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз відомих методик і технічних засобів для дослідження метрологічних характеристик лічильників газу. 2. Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу. 3. Експериментальне дослідження випарів на метрологічні характеристик побутових лічильників газу

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
	<b>Чуйко М. М.</b>		

7. Дата видачі завдання 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1			
2			
3			
4			

Студент Катамай В. Б  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Середюк О. Є.

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 95 с., 24рис., 4табл., 32 джерел, 5 аркуші ілюстрацій.

Об'єкт дослідження – Процес дослідження метрологічних характеристик побутових лічильників газу.

Предмет дослідження – побутові лічильники газу, їх метрологічні характеристики.

Мета роботи – Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу.

Мета дослідження – Теорія оцінювання похибок, методи експериментальних досліджень і статистичного аналізу, опрацювання результатів досліджень.

У магістерській роботі проведено аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження. Здійснено аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу. Розроблена методика і технічні засоби для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики побутових лічильників газу.

Розроблена 3D-модель еталонної установки на великі витрати газу.

Проектування здійснено на замовлення ДП "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ"

ПОБУТОВІ ЛІЧІЛЬНИКИ ГАЗУ, ПОХИБКА, РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ВИПАРИ ТОЛУОЛУ, ВИПАРИ ІЗООКТАНУ, ВИТРАТА, СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ, МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕТАЛОННА УСТАНОВКА.

## ABSTRACT

Thesis: 95 pages, 24 figures, 4 tables, 32 sources, 5 sheets of drawings.

Research object - The process of investigating the metrological characteristics of household gas meters.

Research subject - Household gas meters, their metrological characteristics.

Work objective - Development of methodology and technical means for investigating the influence of toluene and iso-octane vapors on the metrological characteristics of gas meters.

Research goal - Theory of error estimation, methods of experimental research and statistical analysis, processing of research results.

The master's thesis analyzes household gas meters as a research object. An analysis of technical means for metrological research of household gas meters has been carried out. A methodology and technical means for investigating the influence of toluene and iso-octane vapors on the metrological characteristics of household gas meters have been developed.

A 3D model of the reference gas flow installation has been developed for high gas flow rates.

The design was carried out on the order of the State Enterprise "IVANO-FRANKIVSKSTANDARTMETROLOGIYA."

HOUSEHOLD GAS METERS, ERROR, WORKING ENVIRONMENT OF TOLUENE VAPORS, ISO-OCTANE VAPORS, CONSUMPTION, STATISTICAL ANALYSIS, METROLOGICAL CHARACTERISTICS, REFERENCE INSTALLATION.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз відомих методик і технічних засобів для дослідження метрологічних характеристик лічильників газу.....	9
1.1 Аналіз методик по дослідженню метрологічних характеристик побутових лічильників газу .....	9
1.2 Аналіз лічильників газу як технічних засобів по дослідженню метрологічних характеристик.....	21
1.3 Актуальність дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на роботу лічильників газу.....	22
1.4 Обґрунтування необхідності дослідження.....	24
1.5 Постановка задачі на виконання магістерської роботи.....	25
2. Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу.....	26
2.1 Розроблення методики дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану.	26
2.2 Розроблення технічних засобів для реалізації досліджень на малі витрати .....	29
2.3 Розроблення технічних засобів для реалізації досліджень на великі витрати.....	45
3. Експериментальне дослідження впливу випарів на метрологічні характеристики побутових лічильників газу.....	67
3.1 Види метрологічних характеристик побутових лічильників газу.....	67
3.2 Результати експериментальних досліджень впливу випарів толуолу та ізооктану метрологічні характеристик побутових лічильників газу.....	76
Висновки.....	89
Перелік використаних джерел.....	90

## ВСТУП

Актуальність теми полягає в тому, що вона задовільняє ряд аспектів таких як: екологія та здоров'я суспільства. Випари толуолу та ізооктану часто зустрічаються у промисловому та побутовому середовищі. Їх вплив на метрологічні характеристики лічильників газу має важливе значення для моніторингу якості повітря та запобігання шкідливого впливу на здоров'я людей.

Точність та надійність вимірювань. Важливість точних вимірювань газу у промисловості та в побуті підкреслює необхідність розуміння впливу хімічних речовин на лічильники, щоб забезпечити надійність та точність вимірювань.

Безпека та ефективність. Вивчення впливу цих речовин допоможе у розробці більш безпечних і ефективних методів вимірювання газу, знижуючи ризики аварій та підвищуючи загальну ефективність використання газових ресурсів.

Розвиток метрологічних стандартів. Дослідження надасть важливу інформацію для удосконалення метрологічних стандартів і методик, що є критично важливим для забезпечення надійності та точності метрологічних вимірювань у різних галузях.

Науковий внесок та інновації. Розроблення нових методик і технічних рішень для дослідження цього впливу сприяє науковому прогресу, відкриваючи шлях для інноваційних підходів у вимірюванні та контролі якості газу.

Ця тема є актуальною через її прямий вплив на екологічну безпеку, точність метрологічних вимірювань, промислову безпеку, розвиток стандартів та наукові дослідження, що мають велике значення в сучасному суспільстві.

Магістерська робота базується на виконанні теми досліджень впливу випарів толуолу та ізооктану на побутові лічильники, що здійснювалась на підприємстві ДП "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ". Оцінка впливу цих речовин на точність роботи лічильників газу є важливою задачею у відповідності до сучасних тенденцій екологічних та промислових досліджень.

Незважаючи на наявність досліджень у цій галузі, існує потреба у розробці

більш точних та ефективних методик і технічних засобів для вимірювання впливу випарів цих речовин.

Дана тема тісно пов'язана з галузями екології, хімії, метрології та безпеки промислового виробництва. Вона вносить важливий вклад у розвиток цих галузей, забезпечуючи необхідність більш глибокого розуміння взаємодії хімічних речовин з вимірювальними приладами. Такий підхід є ключовим для розробки нових технологій та підвищення ефективності вже існуючих систем.

Сучасний промисловий та науковий прогрес вимагає постійного вдосконалення технічних засобів та методик, які використовуються в різних сферах, включаючи газову індустрію. Використання побутових та промислових газових лічильників в Україні, що налічує понад 9,5 млн. одиниць, є ключовим елементом у цьому процесі. Особливої актуальності набуває питання точності та надійності лічильників газу, які є критичним компонентом у системах контролю та обліку газопостачання. Метрологічні дослідження цих пристроїв, які включають аналіз стабільності їх характеристик та якості виробництва, стають вирішальними для гарантування точності обліку природного газу та мінімізації його втрат. З огляду на це, розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу хімічно активних речовин, таких як випари толуолу та ізооктану, на метрологічні характеристики лічильників газу, набуває особливої важливості.

Це дослідження має на меті оцінити, як такі хімічні впливи можуть змінювати точність вимірювань, спричиняючи потенційні недоліки у обліку газу. У рамках роботи планується розробка нових методів оцінювання та калібрування лічильників, а також створення спеціалізованих технічних пристроїв, здатних імітувати вплив вказаних випарів. Розробка нових методик і технічних засобів не тільки сприятиме підвищенню точності метрологічних вимірювань, але й забезпечить більш ефективний контроль за використанням природного газу, що є критично важливим для енергетичної безпеки та економічної стабільності України. Такий підхід відкриває шлях для створення нових технічних рішень та поліпшення існуючих метрологічних моделей лічильників газу, адаптованих до специфіки українського ринку та

експлуатаційних умов. Подібні дослідження є важливими для забезпечення безпеки, ефективності та екологічної стійкості газових систем.

Об'єкт дослідження – Процес дослідження метрологічних характеристик побутових лічильників газу.

Предмет дослідження – побутові лічильники газу, їх метрологічні характеристики.

Мета роботи – Розроблення методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу.

Мета дослідження – Теорія оцінювання похибок, методи експериментальних досліджень і статистичного аналізу, опрацювання результатів досліджень.

Методами дослідження передбачають застосування експериментального визначення похибки побутових лічильників газу при їх функціонуванні на повітрі та на суміші повітря з випарами толуолу та ізооктану.

Новизна отриманих результатів стосується розробленої методики досліджень, технічних засобів для її реалізації, а також отримання експериментальних даних щодо впливу випарів на функціонування побутових лічильників газу.

Апробація результатів магістерської роботи:

**Катамай В.Б.,** Середюк О.Є. Дослідження впливу вагових коефіцієнтів по кількості лічильників при розробленні статистичних моделей зміни похибки побутових лічильників газу від вимірних об'ємів газу. *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: збірник тез доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 13 жовтня 2022 р. м. Івано-Франківськ, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. С. 141-143.*

**В.Б. Катамай,** Д.О.Середюк, В.І. Лемішка, О.Є. Середюк. Дослідження впливу пари толуолу та ізооктану на похибку побутових мембранних лічильників газу. *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: тез. доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 12 жовтня 2023р, м. Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. С.119-120.*

# **1 АНАЛІЗ ВІДОМИХ МЕТОДИК І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ**

Дослідження метрологічних характеристик лічильників газу є важливою частиною забезпечення точності та надійності вимірювань обсягів споживання газу. Для цього використовуються різноманітні методики та технічні засоби. Аналіз цих методик та засобів дозволяє визначити найбільш ефективні підходи до контролю та калібрування лічильників газу.

## **1.1 Аналіз методик по дослідженню метрологічних характеристик побутових лічильників газу**

В даній магістерській роботі аналізуються дві методики, а саме методики повірки та випробування.

Методика повірки[1] для лічильників газу.

Дана методика поширюється на повірку лічильники газу, що застосовують для обліку газу в побуті та для комерційного обліку газу типорозмірів від G1.6 до G25 та мембранних лічильників газу від G40 до G100, а саме: операції повірки, засоби повірки, вимоги до кваліфікації персоналу, умови проведення повірки, вимоги щодо безпеки, підготування до проведення та проведення повірки, опрацювання результатів вимірювання та оформлення результатів повірки.

Під час проведення повірки лічильників виконують операції:

Зовнішній огляд;

Перевірка роботоздатності;

Перевірка герметичності лічильників;

Визначення відносної похибки;

Визначення втрат тиску на лічильниках;

Перевірка передавального відношення (коефіцієнта перетворення) між вимірювальними механізмами та відліковими пристроями лічильників.

У разі отримання негативних результатів будь-якої з операцій повірку

припиняють, лічильник визнають таким, що не відповідає установленим вимогам.

Засобами повірки є еталони, допоміжні ЗВТ і допоміжне обладнання, які застосовують під час повірки.

Еталони:

Еталон одиниць об'єму та об'ємної витрати газу.

Діапазон вимірювання об'ємних витрат — відповідно до робочого діапазону витрат лічильника, що підлягає повірці.

Співвідношення між розширеною невизначеністю вимірювання, що забезпечує еталон, та максимально допустимою похибкою лічильника.

Допоміжні ЗВТ і допоміжне обладнання:

Стенд для перевірки герметичності лічильників, робочий надлишковий тиск до  $1,5P_{роб_{max}}$ . Манометр, верхня межа вимірювань не менше ніж  $1,5P_{роб_{max}}$ , клас точності 0,25.

Дозволено застосувати інші еталони та засоби повірки, що забезпечують повірку з потрібною точністю.

Повірку проводять за таких умов:

- використання повітря як робочого середовища;
- температура робочого середовища й навколишнього повітря  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ;
- відносна вологість навколишнього повітря до 80 %;
- атмосферний тиск повітря в діапазоні від 84 кПа до 106,7 кПа;
- зміна температури повітря, що протікає через еталон та лічильник протягом одного вимірювання, не більше ніж  $0,5 ^\circ\text{C}$ .

Під час проведення повірки лічильника газу потрібно дотримуватися загальних вимог щодо безпеки згідно з ДСТУ 8828[2], вимог щодо безпеки, що діють на підприємстві, а також вимог щодо безпеки, наведених у технічних описах, експлуатаційний документ на допоміжне обладнання, лічильники, випробувальне обладнання та підіймальні механізми, які застосовують у лабораторії.

Перед проведенням повірки потрібно перевірити наявність знака відповідності й додаткового метрологічного маркування за результатами оцінки

відповідності для тих лічильників газу, що введені в обіг після набуття чинності Технічним регламентом або свідоцтва про попередню перевірку, відбитка повірочного тавра тощо. Лічильник та еталон, за допомогою якого виконують визначення метрологічних характеристик лічильника, до початку досліджень витримують за умов, не менше ніж 4 год. Засоби перевірки та лічильники потрібно підготувати до роботи згідно з вимогами експлуатаційного документа, яка на них поширюється.

Перевірку зовнішнього вигляду лічильника виконують візуально звірянням зовнішнього вигляду лічильника з вимогами експлуатаційного документа. Перевіряють:

- відповідність відлікового пристрою вимогам експлуатаційного документа;
- відсутність пошкоджень, що ускладнюють зчитування маркування лічильника;
- наявність та цілісність пломбування у місцях, що визначені експлуатаційним документом на лічильник;
- відсутність пошкоджень і дефектів, в тому числі лакофарбового покриття, які можуть перешкоджати роботі лічильника чи впливати на його роботоздатність. Результати зовнішнього оглядання вважають позитивними, якщо зовнішній вигляд лічильників відповідає вимогам експлуатаційного документа.

Перевірку герметичності лічильників виконують подаванням повітря від джерела тиску одночасно в обидва патрубки відповідно до встановленого методу випробувань. У вимірювальну камеру лічильників від джерела тиску поступово подають повітря. Величина надлишкового тиску, наведена в експлуатаційному документі, але не менше ніж  $1,5P_{роб\max}$ . Контроль тиску ведуть манометром класу точності не нижче ніж 0,25. Лічильники витримують під дією надлишкового тиску не менше ніж 3 хв. Результати перевірки герметичності вважають позитивними, якщо в лічильниках не виявлено зниження тиску протягом останніх двох хвилин.

Для перевірки роботоздатності лічильника його встановлюють у дослідну

секцію еталона повірочної в робочому положенні з дотриманням вимог експлуатаційного документа на нього щодо монтування та експлуатування. ДСТУ 9035:2020-5[1] Через лічильник пропускають повітря з об'ємною витратою, що перебуває в діапазоні значень від  $0,5 Q_{\max}$  до  $Q_{\max}$  і спостерігають за роботою лічильника, його відлікового пристрою чи генератора імпульсів (за наявності). Результати перевірки вважають позитивними, якщо покази відлікового пристрою під час пропускання повітря зростають, а для лічильників, обладнаних генератором електричних імпульсів, формуються вихідні електричні сигнали з параметрами.

Перед визначенням відносної похибки лічильника за умов, потрібно пропустити через них об'єм повітря за об'ємної витрати в діапазоні від  $0,5 Q_{\max}$  до  $Q_{\max}$ , який повинен становити не менше ніж 50 циклічних об'ємів або  $0,1 \text{ м}^3$ . Визначення відносної похибки лічильників виконують із застосуванням одного з двох методів: старту з ходу чи фіксованого старту. Для лічильників типорозмірів від G1.6 до G10 дозволено одночасно повіряти кілька послідовно з'єднаних лічильників, якщо це допускає конструкція еталона, з використанням якого виконують повірку. Відносну похибку лічильників визначають за таких об'ємних витрат і в такому порядку:  $Q_{\max}$ ,  $0,2 Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$ . Для лічильників газу ультразвукових значення об'ємних витрат має становити:  $Q_{\max}$ ,  $0,7 \cdot Q_{\max}$ ,  $0,4 \cdot Q_{\max}$ ,  $0,25 \cdot Q_{\max}$ ,  $0,1 \cdot Q_{\max}$ ,  $0,05 \cdot Q_{\max}$ ,  $Q_{\min}$ . За кожного значення об'ємної витрати виконують одне вимірювання. Значення об'ємної витрати задають із допустимими відхилами від заданого значення у відносному вираженні не більше ніж:

- мінус 5 % для значення об'ємної витрати  $Q_{\max}$ ;
- 5 % для значень об'ємної витрати  $Q_{\min}$ ;
- $\pm 5$  % для значення об'ємної витрати  $0,2 Q_{\max}$ .

Мінімальні значення об'єму повітря, який пропускають через лічильники за наведених вище значень об'ємної витрати, наводять в експлуатаційному документі. Повірку лічильників газу мембранних типорозмірів від G40 до G100 виконують методом старту з ходу. Величина об'єму повітря для повірки має забезпечувати генерування лічильником не менше ніж три імпульси. Під час

визначання відносної похибки лічильників виконують вимірювання втрат тиску та зміни температури в лічильниках внаслідок протікання повітря за трактом. Якщо лічильники під'єднані до еталона послідовно, то нумерацію їхніх позицій ведуть від лічильника, на вхід якого подають повітря з найбільшим абсолютним тиском. Вимірювання тиску й температури виконують обов'язково на вході першого лічильника та на виході останнього лічильника. Вимірювання тиску й температури в еталоні виконують згідно з експлуатаційного документа на нього. В даній методиці відносну похибку лічильника  $\delta_i$  з урахуванням втрат тиску та різниці температури  $T_i$  на вході лічильника та на виході  $T_0$  еталона обчислюють за формулою:

$$\delta_i = \left[ \frac{V_i}{V_0} \cdot \frac{P_i}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_i} - 1 \right] \times 100\% \quad (1.1)$$

де  $V_i$  - об'єм газу виміряний лічильником, мЗ ;  $V_0$  - об'єм газу виміряний еталоном, мЗ ;

$P_i$  - абсолютний тиск газу в лічильнику, що повіряють, Па;  $P_0$  - абсолютний тиск газу в еталоні, Па;  $T_0$  - температура газу в еталоні, К;  $T_i$  - температура газу в лічильнику, К;

Під час візуального зняття показів з лічильника, що його повіряють, об'єм газу  $V_i$ , виміряний ним, обчислюють за формулою:

$$V_i = V_{iK} - V_{iП} \quad (1.2)$$

де  $V_{iK}$  - кінцеві покази лічильника газу, мЗ ;  $V_{iП}$  - початкові покази лічильника газу, мЗ ;

Якщо в процесі повірки однотипних лічильників, під'єднаних до еталона послідовно, вимірювання тиску й температури виконують на вході першого лічильника та на виході останнього лічильника, то вважають, що втрати тиску та зміна температури за трактом вимірювання розподілені рівномірно, за умови належного функціонування кожного лічильника, тобто:

— тиск перед  $i$ -тим лічильником визначають за формулою:

$$P_i = P_{1ВХ} - \frac{P_{NВИХ} - P_{1ВХ}}{N} \cdot i \quad (1.3)$$

де  $P_{1ВХ}$  - тиск на вході першого лічильника;  $P_{NВИХ}$  - тиск на виході останнього лічильника.

— аналогічно температуру на  $i$ -тому лічильнику визначають за формулою:

$$T = T_{1BX} - \frac{T_{NВИХ} - T_{1BX}}{N} \cdot i \quad (1.4)$$

де  $T_{1BX}$  - температура на вході першого лічильника;  $N$  — кількість послідовно з'єднаних лічильників;  $i$  — порядковий номер лічильника;

$P_N$  вих,  $T_N$  вих — тиск та температура на виході останнього лічильника, відповідно.

Під час використання генератора електричних (оптичних, індукційних тощо) імпульсів, кількість яких пропорційна об'єму газу, що протік через лічильник, об'єм  $V_i$  обчислюють за формулою:

$$V_i = n_i / K_i \quad (1.5)$$

де  $n_i$  - кількість імпульсів;  $K_i$  - коефіцієнт перетворення лічильника, імпл/м<sup>3</sup> ;

Результати вимірювань заносять до протоколу повірки.

Визначення втрат тиску на лічильниках проводять за витрати  $Q_{max}$  одночасно з визначенням відносної похибки лічильників. Результати визначення втрат тиску вважають позитивними, якщо втрата тиску за максимальної об'ємної витрати не перевищує 220 Па — для лічильників типорозмірів G1,6—G6, для лічильників типорозміру G10—G40 — не більше ніж 330 Па, для лічильників типорозміру G65—G100 — не більше ніж 440 Па.

Перевірку передавального відношення між вимірювальним механізмом та відліковим пристроєм виконують для лічильників газу, оснащених як відліковим пристроєм, так і генератором імпульсів. Перевірку виконують за об'ємної витрати  $0,2Q_{max}$  лічильника порівнянням приросту об'єму газу за показами відлікового пристрою з обчислювальним значенням об'єму, яке обчислено за кількістю імпульсів з генератора електричних імпульсів з урахуванням коефіцієнта перетворення (передавального відношення) лічильника. Для перевірки необхідно пропустити через лічильник такий об'єм газу, щоб було виконано таку умову:

$$V \geq \frac{c}{0,2 \cdot \varepsilon} \times 100 \quad (1.6)$$

де  $c$  - роздільна здатність або ціна поділки відлікового пристрою лічильника, м<sup>3</sup>;  $\varepsilon$  - максимально допустимі похибки лічильника, %;

За результатами вимірювання обчислюють різницю похибок лічильника отриманих за показами відлікового пристрою та отриманих за значенням розрахованого об'єму газу, обчисленого за кількістю імпульсів та коефіцієнта перетворення лічильника:

$$\Delta\delta = \delta_{\text{ВІДЛ}} + \delta_I \quad (1.7)$$

де  $\delta_{\text{ВІДЛ}}$  - похибка лічильника, отримана за показами відлікового пристрою, %;  
 $\delta_I$  - похибка лічильника, отримана за значенням розрахованого об'єму газу, обчисленого за кількістю імпульсів та коефіцієнта перетворення лічильника, %.

Результати перевірки вважають позитивними, якщо значення різниці похибок, обчисленої за формулою (1.7), не перевищує 0,3 % для лічильників класу 1,0, та 0,5 % для лічильників класу 1,5 за витрати 0,2  $Q_{\text{max}}$ .

Результати вимірювання й розрахунків та інші дані, отримані під час проведення повірки, має бути задокументовано в протоколі повірки або в електронному протоколі повірки, який має бути належно ідентифікований та збережений.

#### Аналіз методики випробувань

Лабораторні випробування побутових лічильників газу[3] є фундаментальною частиною їхнього метрологічного аналізу. Ці випробування проводяться в спеціально обладнаних лабораторіях, де можна точно виміряти та оцінити різні аспекти роботи лічильників.

#### Методика випробування порогу чутливості

Поріг чутливості не повинен перевищувати значень, наведених в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Поріг чутливості відносно витрати.

$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /год	Максимальний поріг чутливості, дм <sup>3</sup> /год
від 1 до 2,5 включ.	3
4 і 6	5
10	8
16 і 25	13
40	20
65 і 100	32
160	50

Пропустити через випробуваний лічильник протягом 10 хв повітря з витратою  $Q_{\max}$  та температурою, що дорівнює нормальній температурі повітря лабораторії. Залишити випробуваний лічильник на 2—4 год. Вимірювальний прилад з достатньою точністю оцінки витрати газу і регулятор витрат встановити послідовно перед лічильником. Після перевірки герметичності всієї системи приладів треба подати повітря за температури довкілля з тиском до 2 мбар і підтримувати витрату на рівні максимально допустимого порогу чутливості. За цього максимального порогу чутливості впевнитися, що лічильник, що випробовується, постійно реєструє принаймні один цикл об'єму. Не повірять метрологічні характеристики лічильника доти, доки він працює з порогом чутливості. Не додавати мастильних матеріалів протягом випробування.

#### Методика знаходження похибки лічильника

Привести випробуваний лічильник у стан температурної стабільності з температурою лабораторії та визначити похибки лічильника за лабораторної температури повітря. Безпосередньо перед виконанням випробування треба пропустити через лічильник кількість повітря, що дорівнює не менше, ніж 50 циклічним об'ємам лічильника з витратою  $Q_{\max}$ . Пропустити об'єм повітря через лічильник, фактичний об'єм якого вимірюють за допомогою еталонного засобу вимірювання, і записати значення, яке покаже відліковий пристрій лічильника. Мінімальний об'єм повітря, який пропускають через лічильник під

час випробування, визначає виробник за погодженням з компетентною організацією. Обчислити похибку лічильника:

$$E = 100 \frac{V_i - V_c}{V_c} \quad (1.8)$$

де  $E$  - похибка лічильника у відсотках;  $V_i$  – об’єм газу, що показує лічильник;  $V_c$  – об’єм газу, що фактично пройшов через лічильник.

Виконати зазначені випробування по шість разів з кожною з таких витрат  $Q_{\min}$ ;  $3 Q_{\min}$ ;  $0,1 Q_{\max}$ ;  $0,2 Q_{\max}$ ;  $0,4 Q_{\max}$ ;  $0,7 Q_{\max}$  і  $Q_{\max}$  і впевнитись, що витрати під час кожного з випробувань відрізняються (тобто, не слід проводити послідовні випробування з однаковими значеннями витрат). Обчислити шість похибок лічильника для кожної витрати. Обчислити середнє значення шести похибок лічильника і зазначити його на характеристиці похибок лічильника.

Привести лічильник у стан температурної стабільності з температурою лабораторії та визначити похибки лічильника за лабораторної температури повітря.

Пропустити об’єм повітря через лічильник, фактичний об’єм якого вимірюють за допомогою еталонного засобу вимірювання, і записати значення, яке покаже відліковий пристрій лічильника. Мінімальний об’єм повітря, який пропускають через лічильник під час випробування, визначає виробник за погодженням з компетентною організацією. Обчислити похибку лічильника за формулою (1.8). Виконати зазначені випробування по три рази з кожною з таких витрат  $Q_{\min}$ ;  $3 Q_{\min}$ ;  $0,1 Q_{\max}$ ;  $0,2 Q_{\max}$ ;  $0,4 Q_{\max}$ ;  $0,7 Q_{\max}$  і  $Q_{\max}$  і впевнитись, що витрати під час кожного з випробувань відрізняються (тобто, не слід проводити послідовні випробування з однаковими значеннями витрати). Обчислити середнє значення трьох похибок лічильника і зазначити його на характеристиці похибок лічильника.

Привести лічильник у стан температурної стабільності з температурою лабораторії та виконати випробування похибок лічильника за лабораторної температури повітря. Пропустити об’єм повітря через лічильник, фактичний об’єм якого вимірюють за допомогою еталонного засобу вимірювання, і записати значення, яке покаже відліковий пристрій лічильника. Мінімальний

об'єм повітря, який пропускають через лічильник під час випробування, визначає виробник за погодженням з компетентною організацією. Обчислити похибку лічильника. Провести це випробування по три рази з кожною з таких витрат  $0,1 Q_{\max}$ ;  $0,4 Q_{\max}$  і  $Q_{\max}$  і впевнитись, що витрати під час кожного з випробувань відрізняються (тобто, не слід проводити послідовні випробування з однаковими значеннями витрати). Обчислити середнє значення трьох похибок лічильника і зазначити його на характеристиці похибок лічильника.

#### Методика стійкість до високих навколишніх температур

Під час випробування інтенсивність витікання з корпусу лічильника не повинна перевищувати  $150 \text{ дм}^3 / \text{год}$  для лічильників з  $Q_{\max}$  до  $40 \text{ м}^3 / \text{год}$  і  $450 \text{ дм}^3 / \text{год}$  для лічильників з  $Q_{\max} = 65 \text{ м}^3 / \text{год}$  та більше.

З'єднати випробуваний лічильник (або корпус лічильника) з вхідним і вихідним штуцерами і встановити всю цю систему всередині пічки, застосовуючи, якщо необхідно, підставки (див. рисунок 1.2). Якщо випробування проводять на порожньому корпусі лічильника, то треба враховувати масу вимірювальних засобів і, якщо необхідно, то використовувати металевий тягарець з масою, що дорівнює масі вимірювальних засобів, який розміщується всередині корпусу. Прикласти до лічильника із закритим випускним клапаном тиск  $100 \text{ мбар}$ , використовуючи газ азот, і переконатись в герметичності лічильника. Підвищити температуру пічки з лічильником, що перебуває під тиском азоту, відповідно до температурної кривої, наведеної в ISO 834. Коли температура в найхолоднішій точці лічильника досягне  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ , то зафіксувати температуру пічки на  $650 \text{ }^\circ\text{C}$  і утримувати її протягом  $30 \text{ хв}$ . Протягом усього випробування треба підтримувати тиск у випробуваному лічильнику за допомогою клапана. Значення інтенсивності витікання реєструють відповідним вимірюванням. Тривалість вимірювання при цьому не повинна перевищувати  $5 \text{ хв}$ . Значення витікання є відношенням вимірюваного об'єму азоту до тривалості вимірювання.

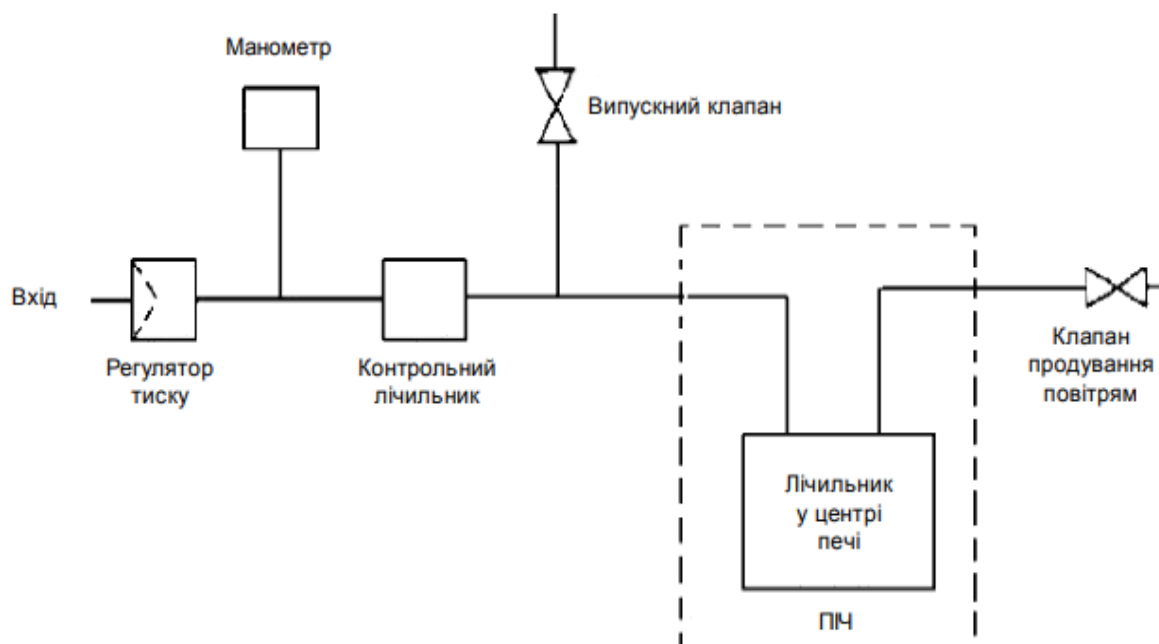


Рисунок 1.1 — Схема обладнання для випробування на підвищену температуру

#### Методика випробування водяною парою

Перш за все слід визначити похибку лічильника, щоб упевнитись, що похибка не виходить за межі початкових максимальних допустимих похибок. Підключити лічильник до установки з випробування водяною парою (див. рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 — Схема обладнання для випробування водяною парою

На рисунку 1.2 лічильник показано підключеним до випробувальної установки, що складається із замкненого кола, яке має відповідний циркуляційний насос або вентилятор (1), камеру, що містить або насичений розчин ацетату калію ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ), щоб забезпечити відносну вологість 20 % за температури 20 °C, або насичений розчин гідросульфату калію ( $\text{KHSO}_4$ ), щоб забезпечити відносну вологість 86 % за температури 20 °C (2), і волосковий або паперовий гігрометр з діапазоном відносної вологості від 0 % до 100 % (3). Пропустити через лічильник повітря, що має відносну вологість менше 20 %, протягом семи днів (168 год), за температури  $(20 \pm 2)$  °C і витрати не менше, ніж  $0,25 Q_{\text{max}}$ . Перевірити похибку випробуваного лічильника, щоб упевнитись, що похибка лічильника лежить у межах  $\pm 1,5$  %. Після виконання цього випробування з низькою вологістю треба пропустити через лічильник повітря, що має відносну вологість  $(85 \pm 5)$  %, протягом максимум 42 днів (1008 год) за температури  $(20 \pm 2)$  °C і витрати не менше, ніж  $0,25 Q_{\text{max}}$ . Похибку випробуваного лічильника перевіряють кожні 7 днів (168 год), використовуючи повітря, доки не буде досягнуто сталого стану похибки. Провести вимірювання похибки, щоб упевнитись, що похибка відрізняється не більше, ніж 3 %, від визначеної на початку випробування. Пропустити через лічильник повітря, що має відносну вологість менше 20 %, протягом принаймні 7 днів (168 год), за температури  $(20 \pm 2)$  °C і витрати не менше, ніж  $0,25 Q_{\text{max}}$ . Провести випробування на визначення похибки лічильника, використовуючи повітря, за нормальних лабораторних умов, щоб упевнитись, що похибка лічильника залишилась у межах початкових максимальних допустимих похибок.

## 1.2 Аналіз лічильників газу як технічних засобів по дослідженню метрологічних характеристик

Аналіз технічних засобів лічильників газу охоплює оцінку різноманітних компонентів та технологій, які використовуються в цих приладах для вимірювання об'єму споживання газу. До основних аспектів такого аналізу відносяться типи лічильників, їх конструктивні особливості, методи вимірювання, точність, а також можливості інтеграції з іншими системами[5].

Механічні лічильники газу є традиційними пристроями[6]. Вони використовуються для вимірювання об'єму споживаного газу. Їх конструкція може бути різною, включаючи лічильники з обертовими барабанами та мембранні лічильники. Обертові барабани містять ряд циліндричних барабанів, які обертаються при проходженні газу. Мембранні лічильники мають камери з гнучкими мембранами, що реагують на об'єм газу. Ці лічильники працюють за принципом об'ємного виміру газу, а їхня робота відображається на дисплеї зазвичай у кубічних метрах або футах. Вони мають ряд переваг, таких як висока надійність та довговічність, але існують і недоліки, зокрема чутливість до тиску та обмежений функціонал.

Ультразвукові лічильники газу [6] представляють собою сучасну технологію. Вони використовують ультразвукові хвилі для визначення об'ємного потоку газу. Ці лічильники оснащені ультразвуковими сенсорами та складною електронікою для обробки сигналів. Вони вимірюють час, який потрібен ультразвуковій хвилі для проходження від одного сенсора до іншого, щоб визначити швидкість потоку газу. Основні переваги ультразвукових лічильників включають високу точність та відсутність рухомих частин, але вони можуть бути дорогими та складнішими у встановленні та обслуговуванні.

Коріолісові витратоміри є високоточними пристроями для вимірювання маси протікаючого газу. Вони використовують унікальний принцип Коріоліса. Ці прилади складаються з обертових труб, які коливаються під час

проходження газу. Вони відхиляються від своєї початкової позиції через інерційні сили, що дозволяє вимірювати масу газу. Коріолісові витратоміри забезпечують високу точність незалежно від температури, тиску або в'язкості газу. Однак їх установка може бути складною, а вартість вищою, порівняно з іншими типами лічильників.

Сучасні лічильники газу інтегруються з різними технологічними системами, розширюючи їх функціональні можливості. Це включає системи дистанційного зчитування та інтеграцію з інтелектуальними системами управління будівлями. Дистанційне зчитування[7] дозволяє оперативно збирати дані про споживання, знижуючи витрати на обслуговування та мінімізуючи помилки. Інтеграція з інтелектуальними системами покращує управління ресурсами, забезпечує комфорт та зручність використання, а також надає можливість аналітики та оповіщення про зміни у споживанні або потенційні витоки газу.

Загальний аналіз показує, що лічильники газу трансформувалися з простих приладів вимірювання у складові частини інтелектуальних систем управління енергоресурсами. Це не тільки поліпшує управління ресурсами та ефективність обслуговування, але й сприяє створенню більш сталої та енергоефективної системи. Технічні засоби лічильників газу постійно розвиваються, пропонуючи більшу точність, ефективність та зручність у використанні. Від механічних лічильників до ультразвукових та коріолісових систем, вибір технічного засобу залежить від специфічних потреб, умов експлуатації та бюджету. Інтеграція цих лічильників із сучасними технологіями також відкриває нові можливості для ефективнішого управління ресурсами та підвищення безпеки використання газу в побуті.

### **1.3 Актуальність дослідження впливу пари толуолу та ізооктану**

Актуальність дослідження впливу пари толуолу та ізооктану на побутові лічильники газу виходить далеко за межі звичайного використання цих пристроїв. Таке дослідження має велике значення для розуміння стійкості, точності та безпеки лічильників у різноманітних умовах експлуатації.

Розглядаючи вплив хімічних речовин, таких як толуол і ізооктан, на матеріали та компоненти лічильників газу, важливо звернути увагу на можливість корозії та хімічного руйнування. Ці сполуки можуть взаємодіяти з різними матеріалами, включаючи метали, пластики та гуму, викликаючи їх хімічну корозію або деградацію. Гумові ущільнення, пластикові компоненти та електроніка особливо вразливі до такої дії. Тому дослідження стійкості матеріалів, використовуваних у лічильниках, є ключовим для забезпечення їх довготривалої надійної роботи. Проведення лабораторних тестів на стійкість може допомогти визначити, які матеріали найкраще підходять для використання в лічильниках, що можуть контактувати з такими речовинами.

Забезпечення безпеки та надійності лічильників передбачає використання матеріалів, які відомі своєю хімічною стійкістю до толуолу та ізооктану. Інновації у матеріалах можуть значно підвищити надійність та довговічність лічильників.

Точність та надійність вимірювань у лічильниках газу є фундаментальними для їх ефективної та безпечної роботи. Вплив хімічних речовин може серйозно погіршити ці параметри, тому важливо враховувати цей фактор при проектуванні та експлуатації лічильників. Розуміння впливу толуолу та ізооктану на лічильники газу дозволить розробити більш стійкі та надійні прилади, забезпечуючи точний облік споживання газу та безпеку користувачів.

Безпека експлуатації лічильників газу в умовах можливого впливу толуолу та ізооктану є критично важливою. Ці хімічні речовини представляють потенційну пожежну та вибухову небезпеку. Важливо розуміти взаємодію цих сполук з лічильниками, щоб розробити методи профілактики та реагування на аварійні ситуації. Розробка та дотримання строгих стандартів безпеки, сертифікація, регулярні тести, навчання персоналу та користувачів щодо потенційних ризиків та правил безпеки є необхідними для забезпечення безпечної роботи лічильників.

Дослідження екологічного впливу викидів хімічних речовин, таких як толуол та ізооктан, є важливим для забезпечення екологічної безпеки та

захисту довкілля. Ефективне управління цими ризиками, включаючи контроль викидів та моніторинг, може значно зменшити негативний вплив на довкілля та забезпечити стале використання природних ресурсів.

#### **1.4 Обґрунтування необхідності дослідження**

Обґрунтування необхідності дослідження впливу пари толуолу та ізооктану на побутові лічильники газу має важливе значення у різних аспектах. Одним з ключових є забезпечення безпеки. Толуол та ізооктан як легкозаймисті речовини можуть створювати вибухонебезпечні суміші, тому важливо ретельно вивчити їх вплив на лічильники газу. Це допоможе уникнути потенційних пожеж та вибухів та встановити безпекові стандарти та вимоги до конструкції лічильників.

Другий аспект полягає у забезпеченні точності та надійності вимірювань. Хімічні речовини можуть впливати на механічні та електронні компоненти лічильників, що може спотворювати точність вимірювань. Розуміння цього впливу є ключовим для оптимізації конструкції лічильників.

Третім важливим аспектом є вплив на матеріали та компоненти лічильників. Необхідно вивчати стійкість матеріалів, особливо пластикових та гумових компонентів, до впливу цих речовин. Це важливо для забезпечення довговічності та стійкості пристрою та сприятиме розвитку нових, більш стійких матеріалів.

Четвертий аспект стосується екології. Дослідження впливу толуолу та ізооктану допоможе зрозуміти їх екологічний вплив, особливо в контексті викидів та витоків. Це сприятиме розробці методів, які мінімізують забруднення та сприяють сталому використанню природних ресурсів.

У підсумку, дослідження впливу пари толуолу та ізооктану на побутові лічильники газу має велике значення для гарантування безпеки, точності, надійності та стійкості цих пристроїв. Воно вносить важливий вклад не тільки в технічний аспект, але й у захист здоров'я людей та довкілля. Таке дослідження є ключовим для розробки більш ефективних, безпечних та екологічно чистих газових систем, відповідаючи сучасним вимогам і

стандартам.

### **1.5 Постановка задачі на виконання магістерської роботи**

Необхідно провести аналіз наукової літератури, що стосується властивостей толуолу та ізооктану, а також огляд існуючих лічильників газу та їх метрологічних характеристик. Це допоможе визначити потенційні аспекти впливу цих речовин на точність вимірювань газу.

Ключовим етапом є розробка методики для експериментального дослідження впливу випарів на лічильники газу. Це включає визначення параметрів дослідження, вибір методів вимірювання концентрації випарів та планування процедур тестування.

Для проведення експериментів потрібно розробити або адаптувати існуючі технічні засоби. Це може включати спеціальне обладнання для вимірювання концентрацій толуолу та ізооктану, а також системи для збору та аналізу даних.

Наступним кроком є проведення серії експериментів для оцінки впливу випарів на метрологічні характеристики лічильників газу. Це включає експерименти з різними концентраціями толуолу та ізооктану і вимірювання впливу на точність лічильників.

Важливою частиною роботи є аналіз отриманих даних, виявлення тенденцій та аномалій. На основі цього аналізу формулюються висновки щодо впливу толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу.

Розроблення 3D-моделі еталонної установки на великі витрати.

## **2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИПАРІВ ТОЛУОЛУ ТА ІЗООКТАНУ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ**

### **2.1 Розроблення методики дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану**

Перед випробуванням згідно з використанням повітря похибка лічильника не повинна виходити за межі початкових максимальних допустимих похибок. Наприкінці кожного семиденного циклу протягом випробування 1, похибка лічильника під час перевірки не повинна відрізнятись більше, ніж на 3 %, від визначеної на початку випробування. Після проведення випробування 2, похибка лічильника не повинна виходити за межі початкових максимально допустимих похибок.

Випробування 1. Протягом максимум 42 днів (1008 год) через випробуваний лічильник треба пропустити азот, до якого приблизно на 3 % від об'єму додати суміші з 30 % толуолу/70 % ізооктану, за температури  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  з відносною вологістю  $(65 \pm 10) \%$  і витратою не менше, ніж  $0,25 Q_{\text{max}}$ . Похибку показів випробуваного лічильника визначають кожні 7 днів (168 год), використовуючи повітря, доки не буде досягнуто сталого стану похибки. Сталий стан вважається досягнутим, якщо різниця похибки між двома послідовними випробуваннями менша, ніж похибка, виміряна згідно з ISO 5168, або якщо є наявний зворотній рух протягом 14-денного періоду (336 год).

Важливо, щоб під час знімання лічильника з випробувальної установки для перевірки похибки лічильника після семиденного періоду, штуцери лічильника було закрито, аби запобігти втіканню повітря, доки похибку лічильника буде виміряно.

Також важливо використовувати одне і те саме обладнання для початкового, проміжних і кінцевого вимірювання похибки.

Випробування 2. Після випробування 1 протягом семиденного періоду (168 год) треба пропустити через випробуваний лічильник повітря, за

температури  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$  з відотною вологістю  $(65 \pm 10) \%$  і витратою не менше, ніж  $0,25 Q_{\text{max}}$ . Перевірити похибку випробуваного лічильника з використанням повітря. Важливо використовувати одне й те саме обладнання для початкового, проміжних і кінцевого вимірювання похибки.

#### Приклади типового випробувального обладнання

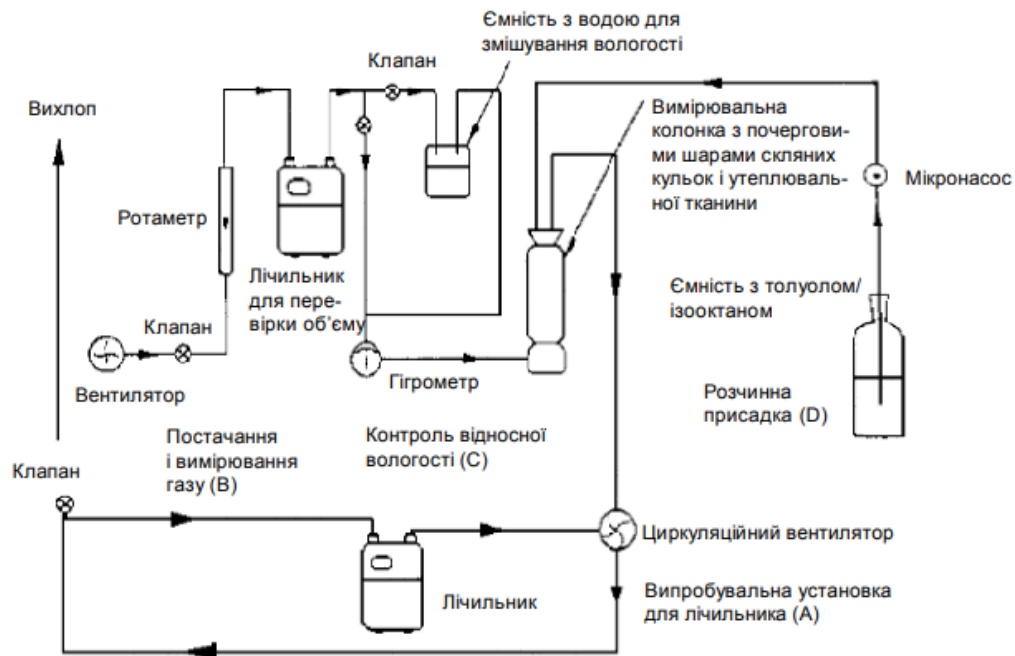


Рисунок 2.1 — Схема обладнання для випробування парами толуолу/ізооктану

Відповідно до рис.2.1, випробувальне обладнання складається з наведених нижче складових. Випробувальна установка для лічильника (А), що сполучена з атмосферою та обладнана відповідним циркуляційним насосом або вентилятором. Система подавання азоту, що може вимірювати витрати газу (В). (Ротаметр, лічильник або обидва разом). Пристрій для контролю відносної вологості (С), що складається з місткості для води і клапанів, що можуть забезпечувати і підтримувати відносну вологість повітря  $(65 \pm 10) \%$ . Відносну вологість вимірюють волосовим або паперовим гігрометром.

Випаровувач (D). Суміш толуолу/ізооктану вводять зверху випарної колонки за допомогою мікровимірювального насосу. Випарна колонка знизу має дифузійний лист і заповнена почерговими шарами скляних кульок і бавовняного (або іншого) матеріалу, щоб забезпечити більшу площу

поверхні. Колонку оточено нагрівальним покриттям, яке забезпечує високу температуру для прискорення випаровування.

Дати змогу суміші толуолу/ізооктану просочитися вниз колонки і випаруватися. За контрольованої витрати ввести газ-носіє через дифузор внизу колонки, де він набере випаровуваний розчинник. Пропустити газоподібну суміш до випробувальної установки, де вона циркулює, через випробуваний лічильник. Треба постійно додавати свіжу присадку розчинника, щоб забезпечити його сталу концентрацію.

Встановлено, що за умови нормальної температури та нормального тиску один г/моль ідеального газу буде займати об'єм 22,4 л. Оскільки пари толуолу та ізооктану не можна вважати ідеальним газом, цей принцип було використано для розрахунку (приблизної) концентрації суміші 30 % толуолу/70 % ізооктану об'ємом у 3 % в азоті.

Толуол має молекулярну масу 92,13 і густину 0,86694 г/моль. Ізооктан має молекулярну масу 114,23 і густину 0,6918 г/моль. 92,13 г, що дорівнюють 106 мл толуолу, будуть займати 22,4 л за нормальної температури та тиску (нормальні умови). 114,23 г, що дорівнюють 165 мл ізооктану, будуть займати 22,4 л за нормальної температури та тиску (нормальні умови).

Відповідно, для дози в 3 % суміші 30 % толуолу/70 % ізооктану необхідно:

0,9 % толуолу, що дорівнює 95,4 мл толуолу; і 2,1 % ізооктану, що дорівнює 346,5 мл ізооктану це потрібно на 2240 л газу-носія.

Загальний об'єм суміші розчинника, який має бути додано до 2240 л газу-носія, щоб отримати 3 % концентрацію за об'ємом 30 % толуолу/70 % ізооктану, буде становити 441,9 мл. Це дорівнює 0,197 мл на літр газу-носія.

## **2.2 Розроблення технічних засобів для реалізації досліджень на малі витрати**

Стенд для випробування побутових лічильників газу на пари толуолу та ізооктану служить для випробування побутових мембранних лічильників газу типорозмірів від G1,6 до G6 з умовним проходом патрубків від Ду32 до Ду50 з вертикальним розташуванням патрубків та напрямком протікання газу зліва-направо.

Стенд випробування побутових лічильників газу на пари толуолу та ізооктану призначений для випробування побутових мембранних лічильників газу.

У якості робочого середовища використовується азот та повітря.

Стенд застосовується для випробування лічильників газу методом безпосередньої продувки парів толуолу та ізооктану в суміші з азотом, або повітря з відносною вологістю парів води 65 % за витрати, відтворюваного стендом.

Стенд складається з наступних складових:

- каркаса, що забезпечує кріплення всіх елементів стенду і їх відносне розміщення;
- двох балонів високого тиску з азотом та стисненим повітрям;
- редукторів пониження високого тиску;
- кільцевого трубопроводу для перекачування суміші азоту с толуолом та ізооктаном або повітря (надалі – суміш) через лічильник, що випробовується;
- пристроїв приєднання лічильника, що випробовується, до кільцевого трубопроводу;
- системи підготовки вологи;
- системи підготовки парів толуолу та ізооктану.

Стенд оснащений засобами вимірювання:

- тиску в системі,
- тиску в системі підготовки парів толуолу та ізооктану,
- вологості суміші в системі;
- температури суміші в системі;

- атмосферного тиску;
- температури в ємності підготовки парів толуолу та ізооктану;
- витрати суміші через лічильник, що випробовується;
- об'єму суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані;
- часу напрацювання.

Стенд оснащений автоматичним вимикачем живлення електроенергією.

Показники призначення

Стенд забезпечує:

- створення заданого значення вологості суміші та його вимірювання;
- створення заданого значення вмісту толуолу та ізооктану в суміші;
- створення заданого значення об'ємної витрати суміші та його вимірювання;
- вимірювання часу напрацювання.

Кількість лічильників, що випробовуються одночасно - один.

Діапазон відтворюваних об'ємних витрат суміші - від 625 до 2500 дм<sup>3</sup> / год.

Надлишковий тиск в системі - не більше 20 кПа.

Ціна одного імпульсу вимірювача напрацювання - 6 сек. при підрахунку до 1000 год., та 10 хв. при підрахунку більше 1000 год.

Умови експлуатації:

- температура навколишнього повітря від плюс 17 до плюс 23 ° С;
- відносна вологість повітря від 30 до 80%;
- температура робочого середовища від плюс 17 до плюс 23 ° С;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа;

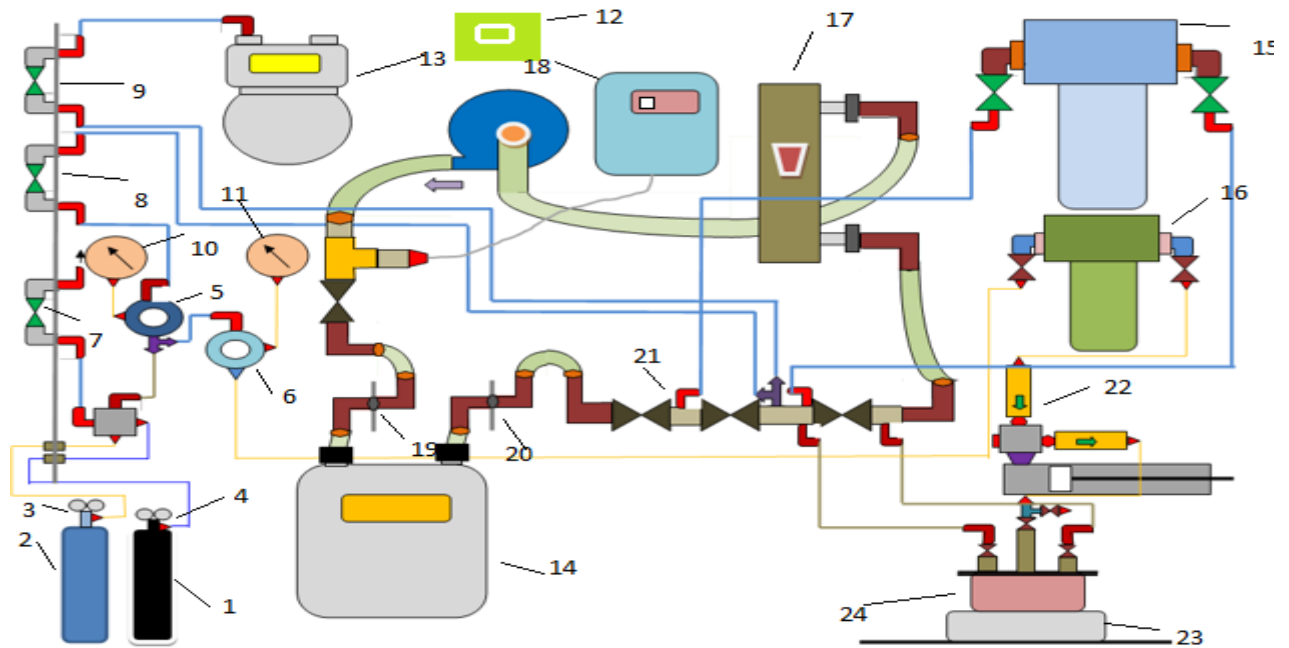
Напруга мережі живлення (220 ± 22) В;

Частота мережі, (50 ± 1) Гц;

Максимальна споживана потужність (при включеній електроплитці), не більше 2,25 кВт.

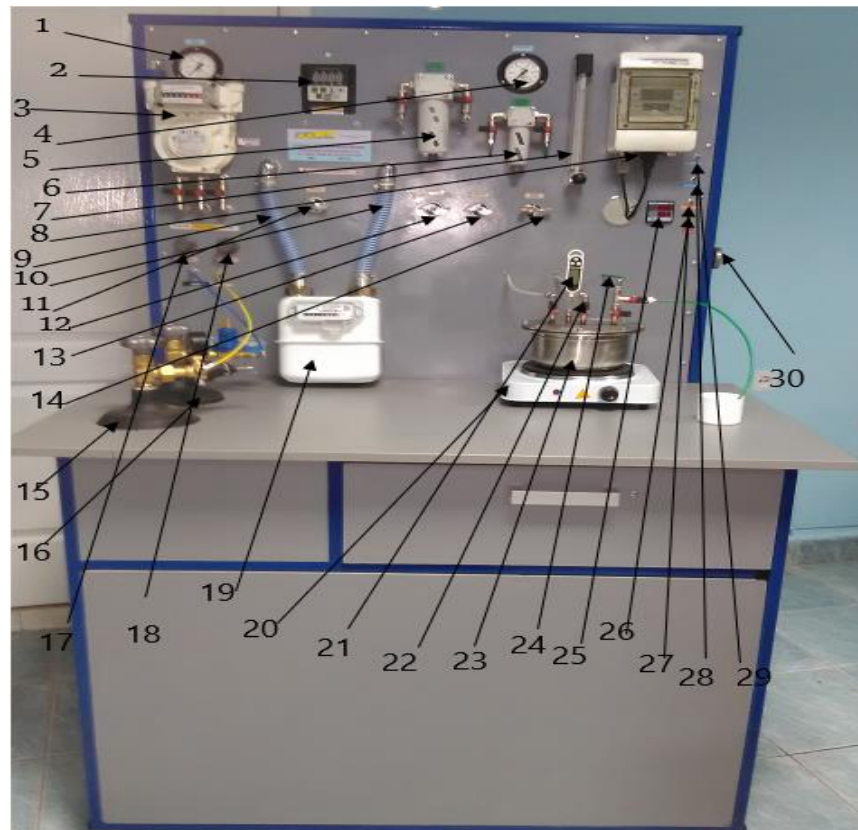
Габаритні розміри стенду (висота, ширина, глибина) - 1600 x 1100 x 700 мм.

Маса стенду, не більше - 150 кг.



1- балону зі стисненим повітрям; 2- балону з азотом; 3- редуктора тиску з виходу балона з азотом; 4 - редуктора тиску з виходу балона з повітрям; 5- редуктора регулювання тиску в системі «Система»; 6 - редуктора регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану «Толуол»; 7 - крану стравлювання тиску з системи в атмосферу «В атмосф.»; 8 - крану наповнення системи тиском «Наповнення»; 9 - крану стравлювання тиску через контрольний лічильник «На ПЛГ»; 10 - манометра на вході в систему «Тиск в системі»; 11 - манометра на вході блоку підготовки суміші толуолу і ізооктану «Тиск толуолу»; 12 - перетворювача частоти СЕМ110; 13 - лічильника газу контрольного Даесунг G1,6; 14 - лічильника, що піддається випробуванню; 15 - системи підготовки вологості «Система підготовки вологості»; 16 - системи підготовки суміші толуолу і ізооктану «Систем підготовки толуол + ізооктан»; 17 - ротаметра РМ/ГС-4; 18 - вологоміра (измерителя влажности) ИВТ-101/485; 19 - крану на вході лічильника «Вхід ПЛГ»; 20 - крану на виході лічильника Вихід ПЛГ»; 21 - крану підготовки вологості суміші «Волога»; 22- крану підготовки суміші з парами толуолу і ізооктану «Толуол + ізооктан»; 23 - електроплитки; 24 - ємності для випаровування суміші толуолу та ізооктану;

Рисунок 2.2 – Технологічна схема стенду для дослідження на малі витрати.

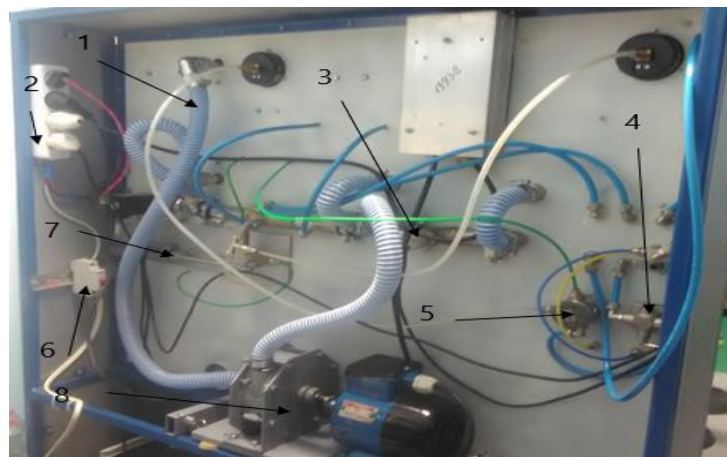


- 1- Манометр на вході в систему; 2 - Перетворювач частоти; 3 - Лічильник газу контрольний; 4 - Манометр на вході блоку підготовки суміші толуолу і ізооктану
- 5 - Блок підготовки вологості; 6 - Блок підготовки суміші толуолу і ізооктану; 7 – Ротамер; 8 – Вологомір; 9 - Вхід в лічильник; 10 - Вихід з лічильника; 11 - Кран на вході лічильника; 12 - Кран на виході лічильника; 13 - Кран підготовки вологості суміші; 14 - Кран підготовки суміші парами толуолу і ізооктану; 15 - Балон зі стисненим повітрям; 16 - Балон з азотом; 17 - Редуктор регулювання тиску на вході в систему; 18 - Редуктор регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану; 19 - Лічильник, що піддається випробуванню; 20 – Електроплитка; 21 - Термометр в ємності; 22 - Вхід азоту в ємність; 23 - Ємність випаровування суміші толуолу та ізооктану; 24 - Вхід рідини в ємність; 25 - Виміррювач напруцювання; 26 - Виміррювач напруцювання; 27 - Вимикач мережі 220 В; 28 - Вимикач датчика вологості; 29 - Вимикач датчика часу; 30 - Краник стравлювання.

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд стенду для дослідження

Стенд при розгляді його зворотньої сторони (рис. 2.4) складається з:

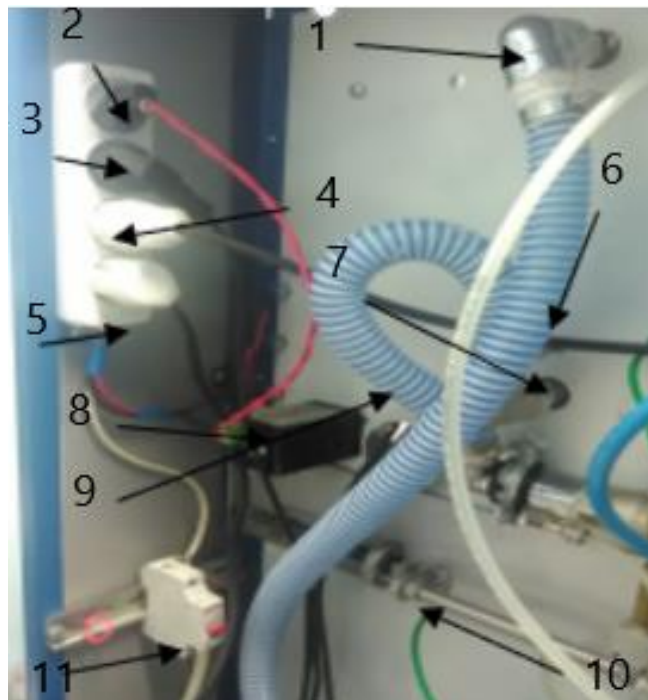
- трубопроводів приєднання елементів системи (лічильника, що випробовується, вентилятора, ротаметра, трубопроводів приєднання лічильника та з давачем вологості) в замкнутий контур;
- дозатора;
- давача вологості та температури;
- редуктора регулювання тиску на вході в систему;
- редуктора регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану;
- трубопроводів приєднання: балонів до системи стенду та до редукторів і манометрів; блоку підготовки вологості до системи трубопроводів;
- приєднання системи трубопроводів до кранів; приєднання системи трубопроводів до ємності підготовки суміші толуолу та ізооктану;
- приєднання блоку підготовки суміші толуолу та ізооктану до редуктора;
- приєднання блоку підготовки суміші толуолу та ізооктану до дозатора;
- автоматичного вимикача струму;
- розеток приєднання навантажень;
- вентилятора з трифазним електродвигуном.



1 - Трубопровід приєднання ротаметра до вентилятора; 2 - Розетки приєднання навантажень; 3 - Давач вологоміра; 4 - Редуктор регулювання тиску на вході в систему; 5 – Дозатор; 6 - Автоматичний вимикач струму; 7 - Редуктор регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану; 8 - Вентилятор з трифазним електродвигуном

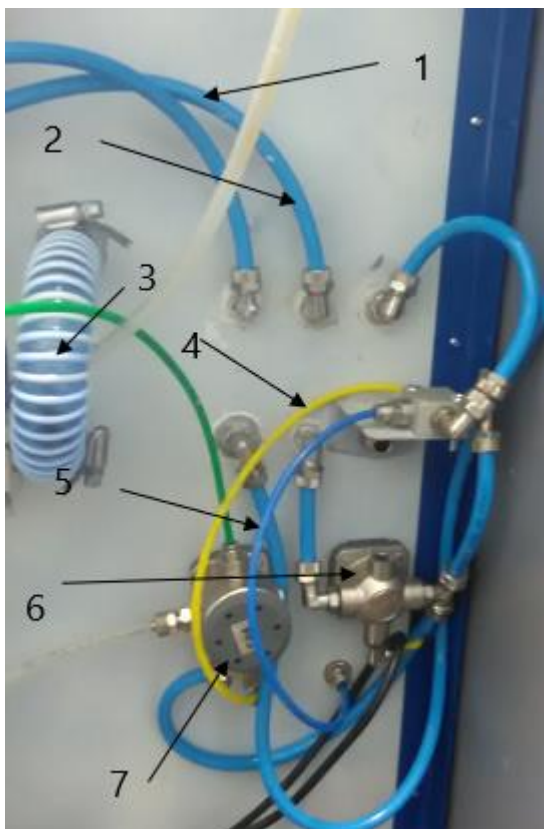
Рисунок 2.4 – Зворотня сторона стенду для дослідження

На рисунках 3-9 показано елементи стенду та приєднувальні трубопроводи, що забезпечують роботу стенду.



1 - Вихід ротаметра; 2- Розетка приєднання приладу для обліку годин напрацювання; 3 - Розетка приєднання вологоміра; 4 - Розетка приєднання вентилятора; 5 - Розетка приєднання електроплитки; 6 - Трубопровід приєднання виходу ротаметра до вентилятора; 7 - Вхід ротаметра; 8 - Лічильник напрацювання; 9 - Трубопровід приєднання входу ротаметра до системи трубопроводі стенду; 10 – Дозатор; 11 - Автоматичний вимикач

Рисунок 2.5 - Елементи стенду



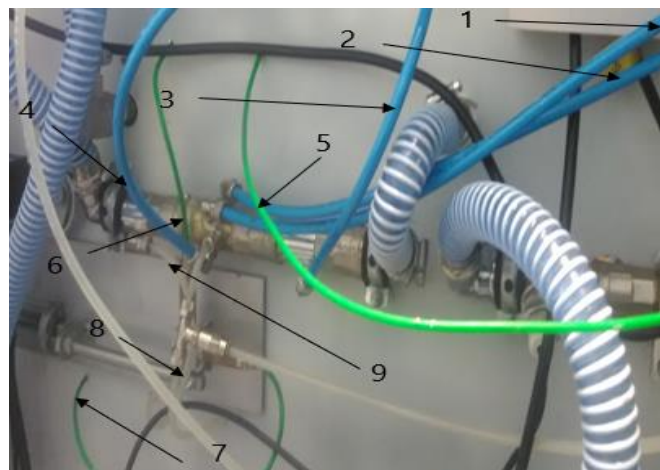
1 - Трубопровід приєднання контрольного лічильника до системи; 2 - Трубопровід наповнення системи азотом або повітрям; 3 - Трубопровід приєднання системи з входом лічильника, що перевіряється; 4 - Трубопровід (жовтого кольору) подачі повітря в систему; 5 - Трубопровід (синього кольору) подачі азоту в систему; 6 - Редуктор регулювання тиску на вході в систему; 7 - Редуктор регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану

Рисунок 2.6 – Приєднувальні трубопроводи



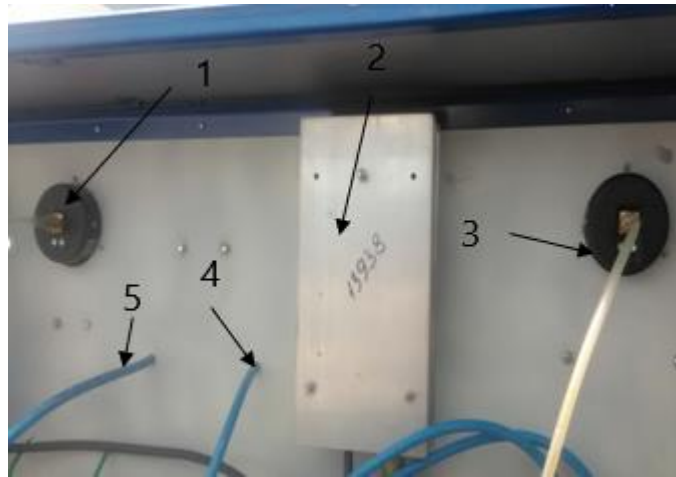
1 - Трубопровід приєднання системи до виходу вентилятора; 2 - Трубопровід приєднання виходу ротаметра з входом вентилятора; 3 – Вентилятор; 4 - Пасова передача обертів від електродвигуна до вентилятора; 5 - Електродвигун з регулюванням числа обертів

Рисунок 2.7 – Система з'єднання з вентилятором



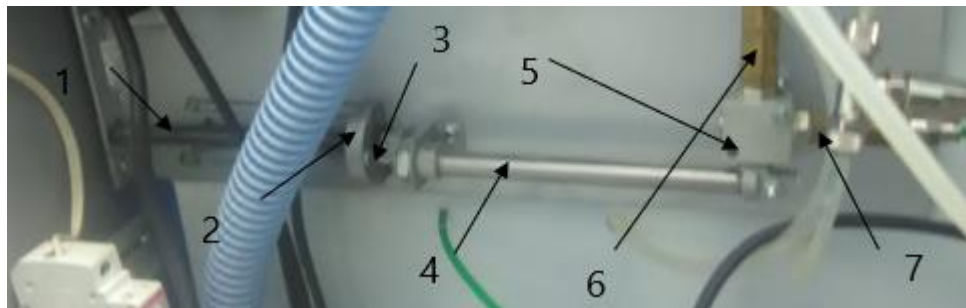
1- Трубопровід підводу в систему азоту або повітря (азоту); 2- Трубопровід стравлювання з системи суміші через контрольний лічильник; 3 - Трубопровід підводу азоту в систему підготовки вологості; 4 - Трубопровід відводу азоту з системи підготовки вологості; 5 - Трубопровід підводу тиску в систему підготовки суміші толуол-ізооктан; 6 - Трубопровід підводу суміші толуол-ізооктан в дозатор; 7 - Трубопровід підводу суміші толуол-ізооктан з дозатора в ємність випаровування суміші; 8 - Трубопровід підводу азоту в систему підготовки суміші толуол-ізооктан; 9 - Трубопровід відводу азоту з системи підготовки суміші толуол-ізооктан

Рисунок 2.8 – Елементи трубопроводу



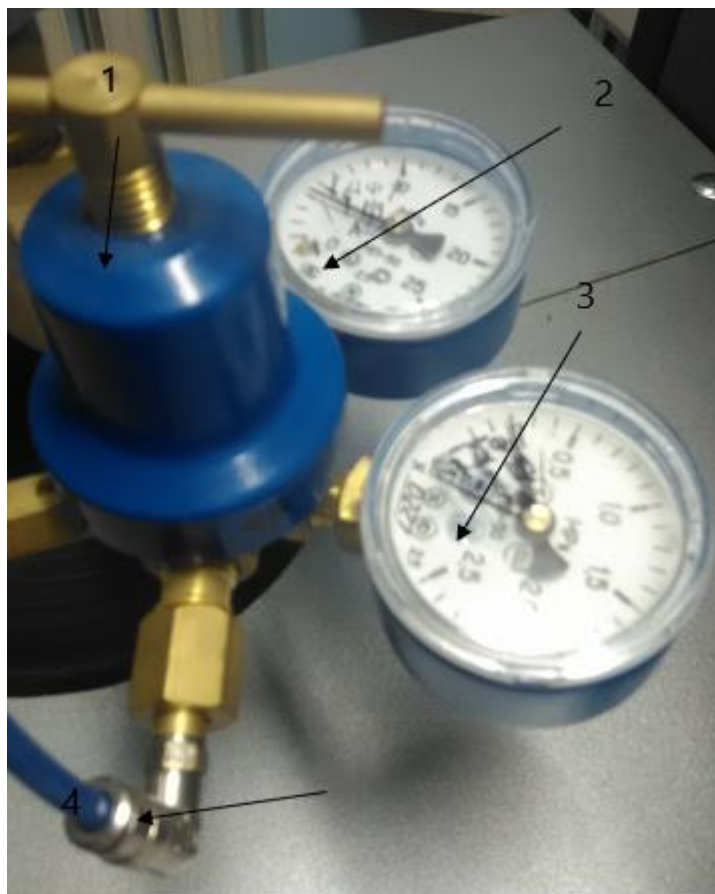
- 1- Манометр вимірювання тиску підпору в системі підготовки суміші толуол-ізооктан; 2 - Перетворювач частоти; 3 - Манометр вимірювання тиску в системі; 4 - Трубопровід підводу азоту в систему підготовки вологості; 5 - Трубопровід відводу азоту з системи підготовки вологості

Рисунок 2.9 – Прилади задньої панелі



- 1- Ходовий гвинт дозатора; 2 - Шток поршня; 3 - Циліндр дозатора; 4 – Розподільник; 5 - Вхідний клапан; 6 - Вихідний клапан

Рисунок 2.10 – Елементи на задній панелі



1 - Редуктор балону; 2 - Манометр вимірювання тиску в балоні з верхньою межею вимірювання тиску 25 МПа; 3 - Манометр вимірювання тиску на вході в стенд з верхньою межею вимірювання тиску 2,5 МПа; 4 - Вихідний трубопровід

Рисунок 2.11 – Системи тиску

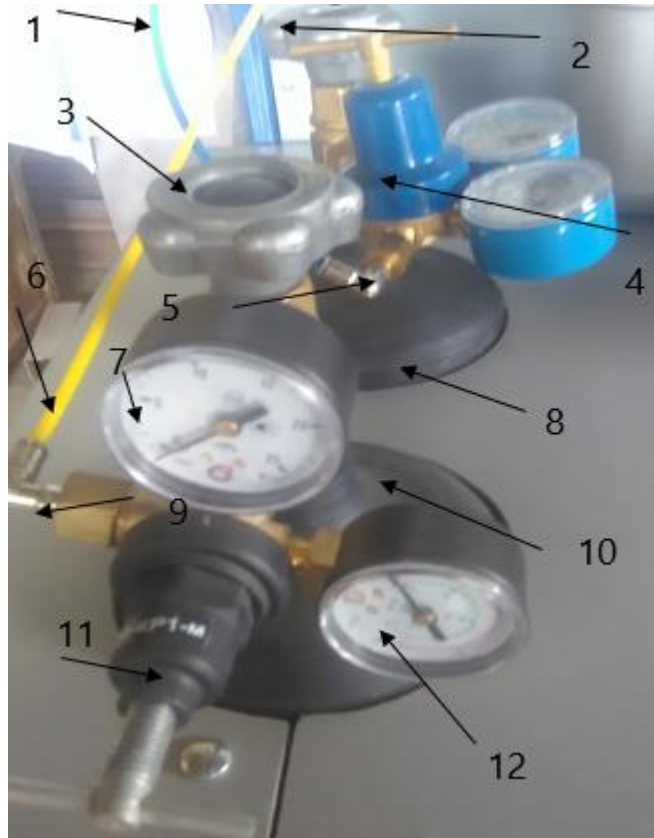


Рисунок 2.12 – Балони зі стисненим повітрям

Балони зі стисненим повітрям та азотом з редукторами кріпляться на

спеціальній відкидній панелі стенду (рис.2.12) і приєднуються до стенду за допомогою швидко роз'єднувальних фітингів та трубок 4 мм.

На рис. 2.14 приведено загальний вигляд передньої панелі стенду з розміщенням всіх елементів регулювання, вимірювання, контролю та підготовки суміші.



1 - Трубка для азоту (синя); 2 - Вентиль балону з азотом; 3 - Вентиль балону з повітрям; 4 - Редуктор тиску на виході балона з азотом; 5 - Фітинг приєднання трубки для азоту (синя) до балону; 6 - Трубка для повітря (жовта); 7 - Манометр на виході балона з повітрям; 8 - Балон з азотом; 9 - Фітинг приєднання трубки до балону; 10 - Балон зі стисненим повітрям; 11 - Редуктора тиску з виходу балона з повітрям; 12 - Манометр на виході редуктора балона

Рисунок 2.13 – Вузол для контролю тиску



Рисунок 2.14 - загальний вигляд передньої панелі стенду



- 1 - Манометр вимірювання тиску в системі; 2 - Вхід контрольного лічильника; 3 - Вихід контрольного лічильника; 4 - Контрольний лічильник; 5 - Патрубок приєднання входу лічильника, що випробовується, до стенду; 6 - Кран стравлювання тиску з системи в атмосферу; 7 - Кран наповнення системи азотом або повітрям; 8 - Кран стравлювання тиску з системи через контрольний лічильник; 9 - Редуктор регулювання тиску на вході в систему; 10 - Редуктор регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану; 11 - Вхід азоту; 12 - Вхід повітря

Рисунок 2.15 – Ліва сторона панелі

На рис. 2.15 наведена ліва сторона панелі, де розміщено манометр вимірювання тиску в системі «Тиск в системі» і, контрольний лічильник, патрубок приєднання входу лічильника, що випробовується, до стенду, крани стравлювання тиску з системи в атмосферу «В атмосф.», наповнення системи азотом або повітрям «Наповнення» та стравлювання тиску з системи через контрольний лічильник «На ПЛГ», редуктори регулювання тиску на вході в систему «Система» та підпору суміші толуолу і ізооктану «Толуол».

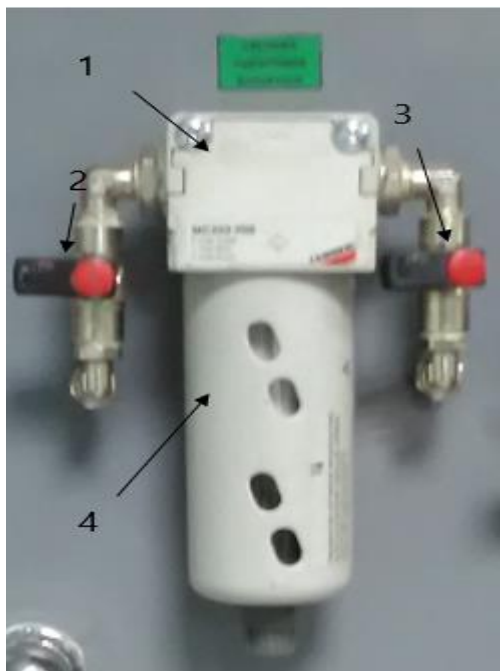
На рис. 2.16 (а) та (б) наведена система підготовки та насичення газу системи вологою «Система підготовки вологості». Вона складається з власне розпилювача з вхідним та вихідним кранами та ємності під воду.

На рис. 2.16(а) крани знаходяться в закритому стані, на рис. (б) знаходяться у відкритому стані, в стані підготовки вологості газу перед випробуваннями.

На рис. 2.17 (а) та (б) наведена система підготовки та насичення газу сумішшю толуолу та ізооктану «Система підготовки толуол + ізооктан» . Вона складається з власне ємності для суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані з вхідним та вихідним кранами.

На рис. 2.17 (а)крани знаходяться в закритому стані, на рис. (б) знаходяться у відкритому стані, тобто в стані підготовки газоподібної суміші толуолу та ізооктану перед випробуваннями.

На рис. 2.18 наведена система випаровування суміші толуолу та ізооктану з рідкого стану в газоподібний стан та підготовки газу парами суміші толуолу та ізооктану.



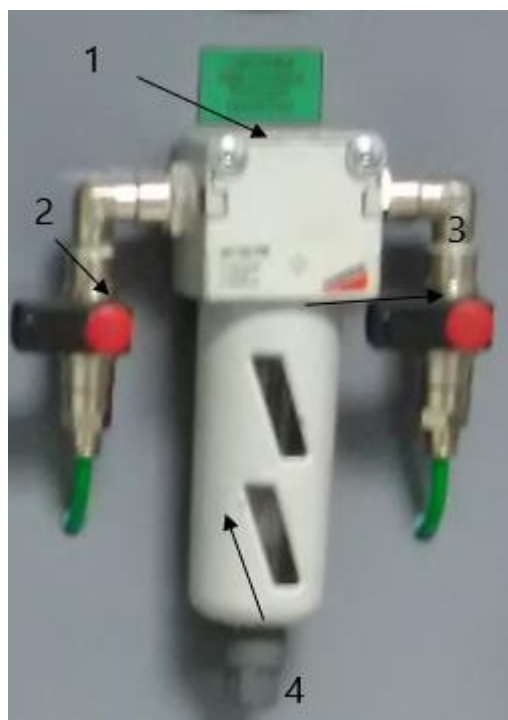
а



Б

1 - Основа розпилювача; 2 - Вхідний кран; 3 - Вихідний кран; 4 - Ємність під воду.

Рисунок 2.16 - Система підготовки вологості



а

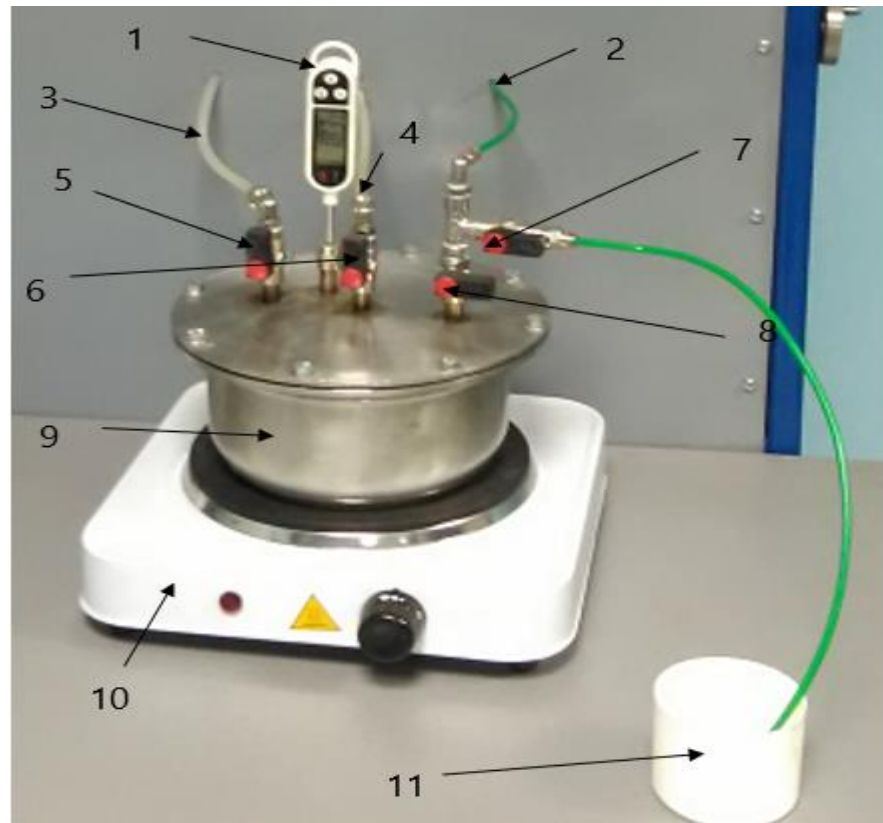


б

1 - Основа ємності; 2 - Вхідний кран; 3 - Вихідний кран; 4 - Ємність під суміш толуолу та ізооктану

Рисунок 2.17 - Система підготовки толуол + ізооктан

Вона складається з ємності з наповнювачем (скляних кульок та двох прокладок з сітки із нержавіючої сталі – рис. 2.18), термометра вимірювання температури в ємності,



1- Термометр КТ300; 2 - Вхідний трубопровід подачі суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані; 3 - Вхідний газовий трубопровід; 4 - Вихідний газовий трубопровід; 5 - Вхідний кран; 6 - Вихідний кран; 7 - Проливний кран; 8 - Кран стравлювання суміші толуолу та ізооктану з дозатора; 9 - Кран подачі суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані в ємність; 10 – Ємність; 11 – Електроплитка; 12 - Ємність для збору суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані

Рисунок 2.18 - Система випаровування суміші толуолу та ізооктану

електроплитки та системи кранів для подачі суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані в ємність та виводу суміші толуолу та ізооктану в газоподібному стані в систему випробування лічильника.



Рисунок 2.19 – Ємність для змішування

На рис. 2.20 наведена система контролю та підготовки суміші газу з водою. Вона складається з ротаметра, вимірювача вологості, температури газу в системі, а також барометричного тиску, та приладу для контролю часу напрацювання лічильника, що випробовується.



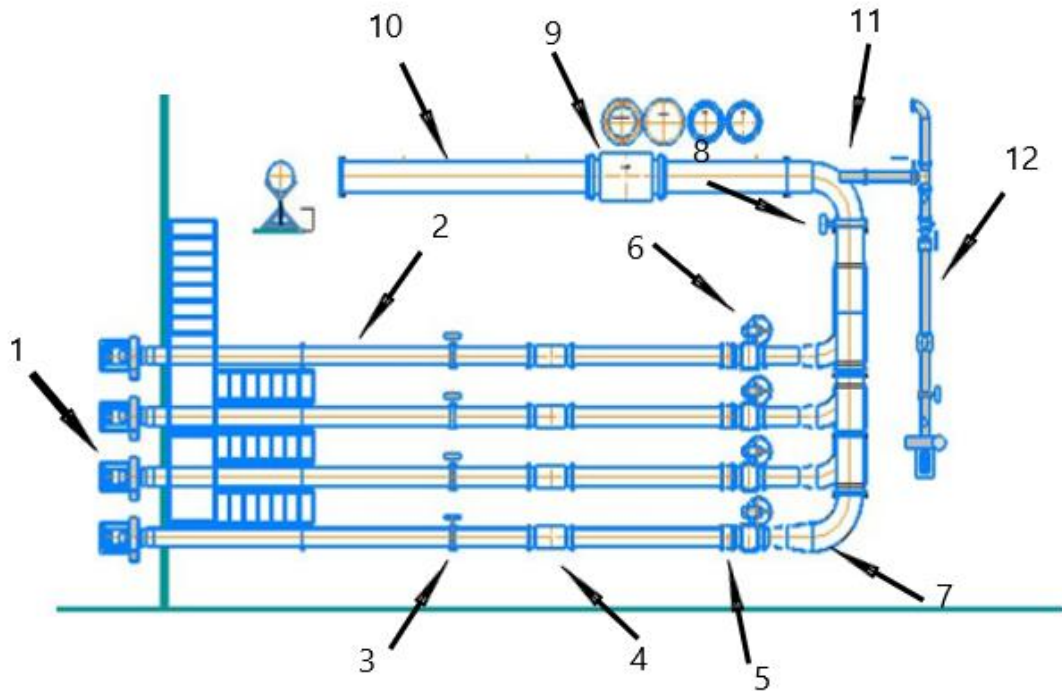
1- Ротаметр; 2 – Вологомір; 3 - Тумблер включення лічильника напрацювання;  
4 - Тумблер включення вологоміра; 5 - Тумблер включення вентилятора; 6 -  
Лічильник годин напрацювання; 7 - Тумблер включення мережі «220 В»

Рисунок 2.20 - Система контролю та підготовки суміші газу з водою

### 2.3 Розроблення технічних засобів для реалізації досліджень на великі витрати

Установки повинні відповідати вимогам ДСТУ 3383[8]

Матеріали та комплектуючі вироби установок повинні відповідати вимогам державних стандартів та технічних умов, які поширюються на них, і зазначеним у специфікаціях.



1 – Двигун (вентилятор); 2 – трубопровід; 3 – кран білімо; 4 – лічильник еталонний; 5 – вібровставка; 6 – шаровий кран; 7 – перехід; 8 – кран; 9 – еталонний лічильник для 500 діаметру; 10 – трубопровід; 11 – перехід для малих витрат; 12 – установка для малих витрат.

Рисунок 2.21 - Установка на великі витрати

Витрата йде від двигуна (вентилятора)1, завдяки якому створюється швидкий потік. Після двигуна для з'єднання з лінією знаходиться вібровставка 5 (резинка), яка забезпечує зменшення гідравлічному і механічному опорі. Наступним елементом є кран білімо 3 який забезпечує стабільність і піджаний потік, що дозволяє пропускати через еталонний лічильник 4 потрібну нам витрату. Далі розміщена вібровставка 5, яка не

передає вібрації і допомагає в простому монтажі. Шаровий кран 6 потрібний для перевірки герметичності лінії. Перехід 7 потрібний для мінімального гідравлічного опору для потоку. Кран белімо 8 потрібний виставлення витрати яку ми повинні пропускати через еталонний лічильник 9, до якого далі підключають повірочні лічильники. Установа також має перехід для малих витрат 11, яка з'єднує з установкою на малі витрати 12.

#### Основні параметри та розміри

Умовні позначення виконань установок, принцип дії, типорозміри та максимальна кількість лічильників, що одночасно перевіряються, значення мінімальної ( $q_{vmin}$ ) та максимальної ( $q_{vmax}$ ) об'ємної витрати, в межах яких нормовані гранично допустимі значення основної відносної похибки за атестованих номінальних значень об'ємної витрати.

У складі установок повинні бути застосовані еталонні лічильники газу (далі за текстом — РЕ) роторного та барабанного типів, які пройшли державну метрологічну атестацію (калібрування, повірку) згідно з програмою атестації, затвердженою в установленому порядку.

Робоче середовище установок — повітря з номінальною густиною  $1,2 \text{ кг/м}^3$  за номінальної температури  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  і номінального абсолютного тиску  $101,3 \text{ кПа}$

До складу установок повинні входити джерела об'ємної витрати, які забезпечують протікання через РЕ і лічильники, що перевіряють, повітря в діапазоні об'ємної витрати від  $q_{vmin}$  до  $q_{vmax}$ .

До складу установок має входити персональна електронно-обчислювальна машина (ПЕОМ).

#### Технічні характеристики конструкції

Конструкція установки повинна забезпечувати можливість:

- підключення лічильників, що перевіряються, відповідно до переліку (щодо типорозмірів та виробника), зазначеного в замовленні;
- протікання повітря через перевіряючі лічильники для відтворення об'єму;
- вимірювання температури та різниці тиску в РЕ і повітрі на вході РЕ, а

також на вході та/або виході перевіряючихся лічильників;

- вимірювання об'ємної витрати в діапазоні від 2 дм<sup>3</sup>/год до 100 дм<sup>3</sup>/год під час визначення (перевірки) порогу чутливості лічильників;

- відображення на екрані ПЕОМ виміряного значення контрольного об'єму повітря, що протекло через РЕ протягом перевірки лічильників, та середнього значення об'ємної витрати.

Конструкція установок повинна забезпечувати можливість відтворення та вимірювання об'єму повітря від об'ємної витрати в діапазоні від  $Q_{vmin}$  до  $Q_{vmax}$ , зазначеному в замовленні.

Програмне забезпечення ПЕОМ повинно забезпечувати автоматичний розрахунок відносної похибки перевіряючихся лічильників з урахуванням тиску і температури повітря на вході в ці лічильники при значеннях об'ємної витрати, зазначених у замовленні.

Конструкція установок має забезпечувати можливість перетворення обертів роторів роторних лічильників газу, що перевіряються, у електричні імпульси, кількість яких пропорційна кількості обертів роторів.

Конструкція установок має забезпечувати:

- можливість перетворення обертів роторів роторних лічильників, що перевіряються, у електричні імпульси, кількість яких пропорційна кількості обертів роторів;

- можливість перевірки мембранних лічильників за допомогою зовнішніх імпульсних датчиків (якщо передбачено конструкцією лічильників);

- можливість перевірки лічильників з їх низькочастотного (герконового) виходу.

Діапазон вимірювання засобів вимірювальної техніки тиску, що входять до складу установок, повинен бути від 0 Па до 2500 Па (не менше).

Діапазон вимірювання засобів вимірювальної техніки втрати тиску на лічильниках, що перевіряються і входять до складу установок, повинен бути від 0 Па до 500 Па (не менше).

Ціна одиниці найменшого розряду вимірюваних значень об'єму повітря під час індикації на екрані ПЕОМ повинна бути не більше 0,00001 м<sup>3</sup>.

Електричне живлення установок має здійснюватися від мережі однофазного змінного струму частотою  $(50 \pm 0,5)$  Гц і напругою  $(220 \pm 22)$  В.

Споживана потужність не повинна перевищувати 5 кВА.

Установки повинні бути укомплектовані блоком безперебійного живлення.

Площа, яку займає установка, не повинна перевищувати  $15 \text{ м}^2$ .

Маса установки в мінімальній комплектності постачання, не повинна перевищувати 360 кг.

Установки повинні мати місця для відбору тиску на вході і виході лічильників, що перевіряються, розташовані на відстані не більше одного номінального діаметра від входу і виходу відповідного лічильника. Отвори для відбору тиску повинні мати діаметр не менше 1,5 мм.

#### Характеристики

Границі допустимої основної відносної похибки установок під час вимірювання об'єму повітря мають становити :

- за атестованих значень об'ємної витрати понад  $0,4 \text{ м}^3/\text{год}$  —  $\pm 0,3 \%$ ;  $\pm 0,4 \%$ ;  $\pm 0,5 \%$  (відповідно до замовлення);

- за атестованих значень об'ємної витрати до  $0,4 \text{ м}^3/\text{год}$   $\pm 0,5 \%$ ;

Значення виставленої витрати має вибиратися з діапазону, який у відносному вираженні не має перевищувати:

- мінус 5 % для значення об'ємної витрати  $q'_{v \max}$ ;

- 5 % для значення об'ємної витрати  $q'_{v \min}$  і  $q_{vt}$ ;

-  $\pm 5 \%$  для інших значень об'ємної витрати,

де —  $q'_{v \max}$ ,  $q'_{v \min}$ ,  $q_{vt}$  - відповідно максимальне, мінімальне і перехідне значення об'ємної витрати лічильник в, що перевіряють.

Границі допустимої абсолютної похибки засобів вимірювальної техніки тиску і втрати тиску (абсолютної систематичної похибки каналів вимірювання тиску), які входять до складу установок, повинні бути  $\pm 10$  Па.

Границі допустимої абсолютної похибки засобів вимірювальної техніки температури (абсолютної систематичної похибки каналів вимірювання температури), які входять до складу установок, повинні бути  $\pm 0,1$  °С.

Джерело об'ємної витрати повітря, що працює на розрідження, має створювати об'ємну витрату, яка не менше, ніж на 10 % перевищує максимальне значення об'ємної витрати установки.

Джерело об'ємної витрати повітря, що працює на нагнітання, має створювати об'ємну витрату не менше 0,4 м<sup>3</sup>/год.

Зміна температури повітря у вимірювальному тракту установки протягом одного вимірювання не повинна перевищувати 0,5 °С.

Зміна температури повітря перед РЕ та після останнього лічильника, що перевіряється, під час вимірювання не повинна перевищувати 0,5 °С.

Установки по тракту між входом у РЕ та виходом з останнього лічильника, що перевіряється, повинні бути герметичними.

Складові частини установок (крім ПЕОМ, принтера, стенду повірки лічильників та джерел створення об'ємної витрати) в транспортній тарі повинні бути стійкими до дії: — температури навколишнього середовища від 5 °С до 35 °С; — відносної вологості до 95 % за температури 35 °С.

Установки в транспортній тарі повинні бути стійкими до дії транспортного трясіння під час перевезення автомобільним або залізничним транспортом.

Середній строк служби установок повинен бути не менше 10 років.

Границі допустимої зведеної похибки засобу вимірювальної техніки об'ємної витрати (каналу вимірювання об'ємної витрати) для визначення (перевірки) порогу чутливості лічильників повинні бути  $\pm 4$  % від нормованого значення, що дорівнює: — 63 дм<sup>3</sup>/год за витрати від 2 дм<sup>3</sup>/год до 63 дм<sup>3</sup>/год; — 100 дм<sup>3</sup>/год за витрати понад 63 дм<sup>3</sup>/год до 100 дм<sup>3</sup>/год.

Вимоги безпеки та охорони довкілля. утилізація

Конструкція установок має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003[9].

Роз'єм електричного живлення установок має мати контакт заземлення, електрично з'єднаний з загальним контуром заземлення установок. Всі металеві корпусні деталі складових частин установок, що живляться змінним електричним струмом напругою понад 42 В або постійним електричним струмом понад 110 В, мають бути електрично з'єднані з загальним контуром заземлення установок. Перехідний опір ланцюга між корпусною деталлю та контактом заземлення установок не має перевищувати 0,05 Ом.

Електрична ізоляція електроживлення установок має витримувати впродовж 1 хв дію змінного струму напругою 1000 В та частотою  $(50 \pm 1)$  Гц.

Опір електричної ізоляції між кожним із силових контактів і контактом заземлення роз'єму живлення установок має становити не менше 20 МОм.

Установки мають відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032[10].

До робіт з виробництва та експлуатації установок допускаються особи старші 18 років, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки та не мають медичних протипоказів.

Технологічне устаткування має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003[9].

Ведення технологічного процесу має здійснюватися відповідно до ГОСТ 12.3.002[11].

Вимоги до пожежної безпеки мають відповідати ГОСТ 12.1.004[12].

Повітря робочої зони має відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005[13].

Мікроклімат виробничих приміщень має відповідати ДСН 3.3.6.042[14].

Рівень шуму на робочих місцях має відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037[15].

Рівень вібрації на робочих місцях має відповідати вимогам ДСН 3.3.6.039[16].

Освітленість на робочих місцях має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28[17].

Приміщення має бути обладнане вентиляцією згідно з ДБН В.2.5-67[18].

Робітники мають бути забезпечені одягом згідно з галузевими нормами.

При виконанні робіт з виготовлення установок мають бути враховані вимоги охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки згідно з чинним природоохоронним та санітарним законодавством.

Охорона ґрунту від забруднення побутовими та промисловими відходами має здійснюватися відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць.

Поводження з промисловими відходами має відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.7.029[19].

Відведення стічних вод з виробничих і санітарно-побутових приміщень має виконуватися відповідно до вимог СанПіН 4630[20].

Установки, що в процесі експлуатації втратили свої споживчі властивості і непридатні для подальшого використання, слід утилізувати з дотриманням вимог Закону України «Про відходи».

#### Правила приймання

Для перевірки відповідності установок вимогам цих ТУ необхідно проводити такі випробування:

- Приймально-здавальні;
- Кваліфікаційні;
- Періодичні;
- Державні та контрольні;
- Контроль середнього строку служби.

Всі випробування, крім державних контрольних, організовує та проводить підприємство-виробник.

Обсяг та послідовність приймально-здавальних та періодичних випробувань установок зазначені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Обсяг та послідовність приймально-здавальних та періодичних випробувань установок

Найменування випробувань (перевірок)	Номери пунктів ТУ		Вид випробувань	
	технічних вимог	методів випробувань	приймальн о-здавальні	пері- одичні
1. Технічний огляд	1.1.1, 1.1.3, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.10, 1.2.11, 1.2.12, 1.2.13, 1.2.15, 1.2.18, 1.4, 1.5, 1.6, 2.5	4.2	+	+
2. Перевірка матеріалів і комплектуючих виробів	1.1.2	4.3	+	+
3. Перевірка площі, яку займає установка	1.2.16	4.4	-	+
4. перевірка маси	1.2.17	4.5	-	+
5. Перевірка споживаної потужності	1.2.14	4.6	-	+
6. Визначення похибок засобів вимірювальної техніки тиску, втрати тиску, температури і об'ємної витрати	1.3.3, 1.3.4, 1.3.13	4.11	+	+

Продовження таблиці 2.1 - Обсяг та послідовність приймально-здавальних та періодичних випробувань установок

1	2	3	4	5
7.Визначення основної відносної похибки за атестованих значень об'ємної витрати	1.3.1	4.7	+	+
8. Перевірка герметичності	1.3.9	4.8	+	+
9. Перевірка функціонування	1.2.3, 1.2.6, 1.2.7, 1.2.9, 1.3.5, 1.3.6	4.9	+	+
10.Перевірка відносного відхилення виставленої середньої об'ємної витрати від номінальних значень	1.3.2	4.10	-	+
11. Перевірка стабільності температури протягом вимірювання	1.3.7	4.12	-	+
12. Перевірка стабільності температури по тракту	1.3.8	4.13	-	+
13.Перевірка міцності електричної ізоляції	2.3	4.14	-	+
14. Перевірка опору електричної ізоляції	2.4	4.15	-	+
15.Перевірка перехідного опору лаячюга заземлення	2.2	4.16	-	+
16. Перевірка стійкості установки в транспортній тарі до дії:	1.3.10	4.17	-	+
-температури	1.3.10	4.18	-	+
-підвищеної вологості	1.3.11	4.19	-	+
-транспортного трясіння				
17.Тестування програмного забезпечення	1.2.8	4.20	+	+

**Примітки**

Знак ”+“ означає, що відповідне випробування проводять, знак “ — “ випробування не проводять.

В обґрунтованих випадках послідовність проведення випробувань може бути змінена.

## Приймально-здавальні випробування

Приймально-здавальні випробування проводить підприємство-виробник.

Кожна установка повинна пройти приймально-здавальні випробування.

У разі виявлення невідповідності установки принаймні одній установленій вимозі під час приймально-здавальних випробувань, установку бракують. Забракована установка після усунення дефекту підлягає повторним приймально-здавальним випробуванням. Залежно від результату аналізу дефекту повторні випробування можуть бути проведені за пунктом невідповідності ТУ або за пунктами ТУ, на відповідність яким випробування не проводились.

На установку, яка пройшла приймально-здавальні випробування, оформляється паспорт. Установки підлягають повірці згідно з вимогами ДСТУ 2708[21].

## Кваліфікаційні випробування

Підлягає кваліфікаційним випробуванням перша з початку випуску установка, яка пройшла приймально-здавальні випробування, з метою визначення готовності виробництва до серійного випуску продукції на підставі відпрацьованого виробничого процесу.

Організацію та проведення кваліфікаційних випробувань здійснює підприємство-виробник. До проведення кваліфікаційних випробувань можуть бути залучені розробник та основний споживач за їх згодою.

Комісію для проведення кваліфікаційних випробувань призначають наказом підприємства-виробника. При введенні до складу комісії представників основного споживача та розробника, наказ повинен бути узгоджено з цими організаціями. Головою комісії призначається представник підприємства-виробника.

Програма та методика випробувань повинні бути розроблені підприємством-виробником та погоджені з організаціями, які залучені до проведення кваліфікаційних випробувань.

Результати кваліфікаційних випробувань оформляють актом, який затверджує підприємство-виробник. За результатами кваліфікаційних

випробувань комісія приймає рішення про завершення освоєння випуску продукції. Якщо проведені випробування не підтвердили готовності підприємства-виробника до випуску серійної продукції за показниками, установленими цими ТУ, то комісія, яка проводила випробування, надає рекомендації щодо удосконалення виробничого процесу, визначає строк усунення виявлених недоліків та проведення повторних випробувань.

Дозволяється поєднувати кваліфікаційні випробування з державними контрольними випробуваннями.

#### Періодичні випробування

Періодичні випробування проводять з метою перевірки відповідності продукції вимогам цих ТУ.

Періодичні випробування проводять не рідше одного разу на 3 роки.

Комісію для проведення періодичних випробувань призначають наказом підприємства-виробника.

Для проведення періодичних випробувань відбирають одну установку, яка є типовим представником установок, з числа тих, що виготовлені у контрольований період і витримали приймально-здавальні випробування.

Якщо в процесі випробувань не виявлено невідповідностей установленим вимогам, то результати періодичних випробувань вважають позитивними.

Якщо в процесі випробувань виявлено невідповідність якій-небудь установленій вимозі, то припиняють відвантаження установок.

Після виявлення і усунення причин невідповідності установки вимогам ТУ проводять повторні періодичні випробування.

При позитивних результатах повторних випробувань приймання установок відновлюють в обсязі приймально-здавальних випробувань.

Результати періодичних випробувань мають бути оформлені актом чи протоколом, який затверджує підприємство-виробник.

Установка, яка витримала періодичні випробування, підлягає відвантаженню замовникам.

#### Типові випробування

Типові випробування проводять при зміні конструкції чи технології виготовлення установок, які можуть змінити їх технічні характеристики.

Комісія для проведення типових випробувань призначається наказом підприємства-виробника.

Програма і методика випробувань має бути затверджена підприємством-виробником.

За позитивних результатів випробувань необхідні зміни в установленому порядку проводяться в технічну документацію.

Результати типових випробувань мають бути оформлені актом, який затверджує підприємство-виробник.

#### Контроль середнього строку служби

Контроль середнього строку служби проводять шляхом збирання і оброблення статистичних даних, одержаних в умовах експлуатації установок, відповідно до вимог ГОСТ 27.410[22] для плану спостережень та нормального закону розподілу.

Установки відповідають вимогам 1.3.12, якщо при контролі середнього строку служби число відмовлень менше граничного числа відмовлень.

Результати контролю середнього строку служби мають бути оформлені актом, який затверджує підприємство-виробник.

#### Державні контрольні випробування

Організація і порядок проведення державних контрольних випробувань визначаються згідно з ДСТУ 3400[23].

#### Методи випробувань

Перелік рекомендованих засобів вимірювальної техніки та устаткування, необхідних для випробувань установок, наведений в додатку В. Всі випробування, якщо це не застережено окремо при описуванні методів випробувань, необхідно проводити за таких умов:

- Температура робочого середовища і навколишнього повітря  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ .
- Зміна температури робочого середовища в РЕ (або на вході у РЕ) та в лічильнику, який перевіряють, за час одного вимірювання не повинна перевищувати  $0,5^\circ\text{C}$ .

- Різниця температур робочого середовища в РЕ (або на вході у РЕ) і на виході лічильника, який перевіряють, за час одного вимірювання не повинна перевищувати  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

- Відносна вологість навколишнього повітря до 80%.

- Атмосферний тиск від 84 кПа до 106,7 кПа.

- Робочим середовищем є повітря.

- Відсутність вібрації, трясіння, ударів, магнітних полів (крім земних), які можуть вплинути на роботу установок.

При технічному огляді перевіряють відповідність установок вимогам цих ТУ та комплекту конструкційної документації (1.1.1, 1.1.3, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.10, 1.2.11, 1.2.12, 1.2.13, 1.2.18, 2.5), комплектність постачання (1.2.1.5, 1.4), маркування та пломбування (1.5), пакування (1.6). Перевірки проводять візуальним контролем та звіренням з відповідною документацією. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо вона відповідає вимогам 1.1.1, 1.1.3, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.10, 1.2.11, 1.2.12, 1.2.13, 1.2.15, 1.2.18, 1.4, 1.5, 1.6, 2.5.

Вихідний контроль матеріалів і комплектуючих виробів (1.1.2) проводять відповідно до вимог ГОСТ 24297[24] за переліком продукції, що підлягає вхідному контролю, затвердженому в установленому порядку і діючому на підприємстві-виробнику. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо виконуються вимоги 1.1.2.

Перевірку площі, яку займає установка (1.2.16), проводять вимірюваннями за допомогою рулетки максимальних довжини і ширини повністю змонтованої установки. Площею, яку займає установка, вважають площу прямокутника із сторонами, рівними максимальній довжині і ширині установки. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо вона відповідає вимогам 1.2.16.

Перевірку маси установки (1.2.17) проводять шляхом зважування на вагах всіх складових частин та методом теоретичних розрахунків. Дозволяється приймати масу складових частин, вказану в їх технічній документації. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо

сумарна маса всіх складових частин не перевищує значення, вказаного в 1.2.17.

Перевірку споживаної потужності (1.2.14) проводять шляхом додавання споживаних потужностей всіх складових частин, вказаних у їх технічній документації.

У випадку, якщо значення споживаної потужності не вказано в технічній документації, її визначають вимірюванням діючого значення сили струму споживання за допомогою амперметра і обчислюють за формулою:

$$W=U \cdot I, \quad (2.1)$$

де  $W$  — споживана потужність, Вт;

$U$  — номінальна напруга мережі живлення,  $U = 220$  В;

$I$  — діюче значення сили струму, А.

Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо вона відповідає вимогам 1.2.14.(див. табл.2.1)

Визначення основної відносної похибки установки, у відсотках, ( 1.3.1) проводять шляхом її обчислення при кожному атестованому значенні об'ємної витрати за формулою:

$$\delta_j = \pm \frac{\theta_j + t_x \cdot S}{\sqrt{1/3 \theta_j^2 + S}} \times S_{\Sigma j} \quad (2.2)$$

де  $\theta_j$  — невилучена систематична складова основної відносної похибки за  $j$ -того значення об'ємної витрати, %;

$S$  — випадкова складова основної відносної похибки установки, %;

$S_{rj}$  — середнє квадратичне відхилення суми невиключеної систематичної складової та випадкової складової основної відносної похибки установки за  $j$ -того значення об'ємної витрати, %;

$t_x$ , — квантіль Стюдента для відповідної довірчої ймовірності і числа ступенів свободи (при кількості вимірювань  $n = 20$ , та довірчій ймовірності  $P = 0,95$ ,  $t_x = 2,086$ ).

Середнє квадратичне відхилення суми невиключеної систематичної складової та випадкової складової основної відносної похибки установки за  $j$ -того значення об'ємної витрати обчислюють за формулою:

$$S_{\Sigma j} = \sqrt{S^2 + 1/3 \theta_j^2} \quad (2.3)$$

Невилучену систематичну складову основної відносної похибки обчислюють за формулою:

$$\theta_j = k \sqrt{\delta_{ej}^2 + \delta_z^2 + \delta_{p1}^2 + \delta_{t1}^2 + \delta_{p2}^2 + \delta_{t2}^2} \quad (2.4)$$

де  $k$  — коефіцієнт, що визначається прийнятою довірчою імовірністю  $P$  і для  $P=0,95$   $k = 1,1$  (згідно з ДСТУ ГО СТ 8. 207);

$\delta_{ej}$  відносна похибка РЕ заданого значення об'ємної витрати, вказана у свідоцтві про метрологічну атестацію (калібрування, повірку) РЕ, %;

$\delta_z$  — відносна похибка засобів реєстрації імпульсів від РЕ, %;

$\delta_{p1} \delta_{p2}$  — відносна похибка засобів вимірювальної техніки надлишкового тиску (або розрідження) у РЕ і лічильнику, що перевіряють, %;

$\delta_{t1} \delta_{t2}$  — відносна похибка засобів вимірювальної техніки температури у РЕ і лічильнику, що перевіряють, %.

Значення  $\delta_p$  і  $\delta_t$ , наведені в свідоцтвах (протоколах) про метрологічну атестацію (калібрування, повірку) засобів вимірювальної техніки тиску і температури, або визначаються при калібруванні каналів вимірювання тиску і температури.

Відносна похибка засобів реєстрації імпульсів РЕ у відсотках визначають за формулою :

$$\delta_z = \frac{1}{N_{\min}} \times 100, \quad (2.5)$$

де  $N_{\min}$  — мінімально допустиме число імпульсів в РЕ при перевірці лічильників,  $N_{\min} = 2000$ .

Якщо значення відносної похибки засобів вимірювальної техніки (каналів вимірювання) надлишкового тиску (або розрідження) у РЕ і лічильнику, що перевіряються, не наведено у свідоцтвах (протоколах) про їх метрологічну атестацію (калібрування, повірку), то його у відсотках визначають за формулою:

$$\delta_p = \frac{\Delta_p}{P_{\min}} \times 100, \quad (2.6)$$

де  $\Delta_p$  — максимальна абсолютна систематична похибка засобів вимірювальної техніки тиску, Па;

$P_{\min}$  — мінімально допустимий атмосферний тиск,  $P_{\min}=84000$  Па.

Якщо значення відносної похибки засобів вимірювальної техніки (каналів вимірювання) температури у РЕ і лічильнику, що перевіряють, не наведено у свідоцтвах (Протоколах) про їх метрологічну атестацію (калібрування, повірку), то його у відсотках визначають за формулою:

$$\delta_t = \frac{\Delta_t}{T} \times 100 \quad (2.7)$$

де  $\Delta_t$  — максимальна абсолютна систематична похибка засобів вимірювальної техніки температури, °С ;

$T$  — абсолютна мінімально допустима температура навколишнього середовища при проведенні перевірки лічильників,  $T = 291,15$  К.

Випадкову складову основної відносної похибки установки обчислюють за формулою:

$$S = \sqrt{S_{T1}^2 + S_{T2}^2 + S_{P1}^2 + S_{P2}^2} \quad (2.8)$$

де  $S_{T1}, S_{T2}$  — випадкові складові відносної похибки засобів вимірювальної техніки (каналів вимірювання) температури відповідно на вході РЕ і на вході лічильників, що перевіряються, у відсотках;"

$S_{P1}, S_{P2}$  — випадкові складові відносної похибки засобів вимірювальної техніки (каналів вимірювання) тиску відповідно на вході РЕ і на вході лічильників, що перевіряються, %.

За випадкові складові похибки приймають максимальні їх значення для даного засобу вимірювання (каналу вимірювання) тиску та температури в усьому діапазоні їх вимірювання.

Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо відносна похибка при всіх об'ємних витратах не перевищує значень, наведених в 1.3.1. (див. табл.2.1)

Перевірку герметичності установки по тракту між входом в РЕ і виходом останнього лічильника, що перевіряють (1.3.9), проводять з установленими на

ній лічильниками, що перевіряють. Герметичність установки перевіряють за максимального робочого розрідження і максимального робочого надлишкового тиску.

Для перевірки герметичності за максимального робочого розрідження у вимірювальному тракті установки за допомогою джерела об'ємної витрати, що працює на розрідження, створюють максимальну об'ємну витрату повітря для установлених на ній лічильників. Після цього вхідний отвір вимірювального тракту плавно герметично закривають заглушкою і спостерігають за відліковими пристроями лічильників, що перевіряють.

Установку вважають герметичною за максимального робочого розрідження, якщо через 1 хв протягом наступних 5 хв покази відлікових пристроїв лічильників, що перевіряють, не змінилися.

Для перевірки герметичності за максимального робочого надлишкового тиску вхідний отвір вимірювального тракту герметично закривають заглушкою і за допомогою джерела об'ємної витрати, що працює на нагнітання, у вимірювальному тракті створюють надлишковий тиск, рівний максимальному робочому тиску РЕ барабанного типу. Після цього вимірювальний тракт від'єднують від джерела створення об'ємної витрати і витримують протягом 8 хв, контролюючи зміну тиску в установці за допомогою мікроманометра рідинного."

Установку вважають герметичною за максимального робочого надлишкового тиску, якщо протягом останніх 5 хв (з 8 хв) падіння тиску у вимірювальному тракті не змінилося.

Перевірку функціонування установки проводять разом з лічильниками, що перевіряють. У відповідних конструкційних елементах установки та лічильників, що перевіряють, під'єднують засоби вимірювальної техніки тиску і температури, вмикають джерело створення об'ємної витрати і, керуючись експлуатаційною документацією на установку, перевіряють:

Можливість використання повітря як робочого середовища (1.2.3).

Можливість під'єднання до установки лічильників, що перевіряють, вказаних у замовленні типорозмірів і виробників (1.2.6).

Можливість протікання через лічильники, що перевіряють, відтвореного установкою об'єму повітря (1.2.6).

Можливість вимірювання температури і різниці тисків в РЕ або на вході в РЕ, а також на вході і виході лічильників, що перевіряють (1.2.6).

Можливість вимірювання об'ємної витрати в діапазоні від 2 дм<sup>3</sup>/год до 100 дм<sup>3</sup>/год при визначенні (перевірці) порогу чутливості лічильників (1.2.6).

Можливість індикації на екрані ПЕОМ виміряного значення контрольного об'єму повітря, що протекло через РЕ за час перевірки лічильників, та середнього значення об'ємної витрати (1.2.6).

Можливість відтворення і вимірювання об'єму повітря за номінальними об'ємними витратами, вказаними у замовленні, в діапазоні від  $Q_{vmin}$  до  $Q_{vmax}$  (1.2.7).

Можливість перетворення обертів роторів роторних лічильників газу, що перевіряють, у електричні імпульси, кількість яких пропорційна кількості обертів роторів (1.2.9).

Можливість перевірки мембранних лічильників за допомогою зовнішніх імпульсних датчиків (1.2.9) за методикою, наведеною у додатку Ж.

Можливість перевірки лічильників з низькочастотного (герконового) виходу лічильників (1.2.9).

Можливість створення джерелом об'ємної витрати повітря, що працює на розрідження, об'ємної витрати не менше як  $1,1 Q_{vmax}$  (1.3.5).

Можливість створення джерелом об'ємної витрати повітря, що працює на нагнітання, об'ємної витрати не менше 0,4 м<sup>3</sup>/год (1.3.6).

Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо вона відповідає умовам 1.2.3, 1.2.6, 1.2.7, 1.2.9, 1.3.5, 1.3.6.

Перевірку відносного відхилення виставленої середньої об'ємної витрати від номінальних значень (1.3.2) проводять на установці, у якій замість лічильників, що перевіряють, вихідний штуцер для під'єднання лічильників з'єднаний безпосередньо з входом.

Через установку при максимальних і мінімальних значеннях об'ємної витрати кожного з РЕ пропускають повітря, і відповідно до експлуатаційної

документації вимірюють об'ємну витрату від 3 до 5 разів, спостерігаючи її значення на моніторі ПЕОМ. Середнє значення об'ємної витрати визначають за формулою:

$$\bar{q}_v = \frac{\sum q_{vi}}{n} \quad (2.9)$$

де  $\bar{q}_v$ , — середнє значення об'ємної витрати, м<sup>3</sup>/год ;

$q_{vi}$ , — вимірне значення об'ємної витрати за  $i$ -того вимірювання, м<sup>3</sup>/год;

$n$  — число виконаних вимірювань.

Якщо значення середньої об'ємної витрати  $\bar{q}_v$  відрізняється від номінального значення на величину, що перевищує значення, вказане в 1.3.2, то об'ємну витрату підрегулюють і вимірювання повторюють. Відносне відхилення встановленої об'ємної витрати від номінального значення у відсотках визначають за формулою:

$$\delta_q = \frac{\Delta q_{vmax}}{\bar{q}} \quad (2.10)$$

де  $\Delta q_{vmax}$  — максимальна різниця між вимірним і номінальним значеннями об'ємної витрати. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо відносне відхилення встановленої об'ємної витрати від номінального значення не перевищує значень, наведених в 1.3.2.

Визначення похибок засобів вимірювальної техніки тиску, втрати тиску, температури і об'ємної витрати (1.3.3, 1.3.4, 1.3.13) проводять шляхом порівняння з похибками, наведеними в їх технічній документації або в свідоцтвах про метрологічну атестацію (калібрування, повірку).

Перевірку стабільності температури протягом одного вимірювання (1.3.7) проводять на установці, в якій замість лічильників, що перевіряють, вихідний штуцер для під'єднання лічильників з'єднаний безпосередньо з вихідним. Через установку за максимального і мінімального значення об'ємної витрати кожного РЕ пропускають контрольний об'єм повітря, спостерігаючи за показами засобів вимірювальної техніки температури у РЕ та на вході лічильників (на вхідному шлангу), що перевіряють. Значення температури вимірюють на початку та в кінці перевірки. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо протягом одного вимірювання

виконуються умови 1.3.7.

Перевірку стабільності температури по тракту (1.3.8) проводять на установці, на якій встановлена максимальна кількість лічильників, що перевіряють, типорозмір G4 або G6. Через установку пропускають контрольний об'єм повітря за максимальної об'ємної витрати для даного типорозміру лічильників, що перевіряють, і вимірюють температуру перед РЕ та після останнього лічильника, що перевіряють. Установку вважають такою, що витримала перевірку, якщо різниця температур перед РЕ і після останнього лічильника, що перевіряють, не перевищує значення, наведеного в 1.3.8.

Перевірку міцності електричної ізоляції (2.3) проводять за методикою ГОСТ 12997[25] на пробійній установці, що має потужність не менше 0,25 кВА при відключенні від установки мережі електроживлення. Випробувальна напруга 1000 В прикладається між контактом заземлення і з'єднаними між собою контактами електричного живлення вхідного ланцюга стенду повірки лічильників. Установку вважають такою, що витримала випробування, якщо не було пробою або поверхневого перекриття ізоляції.

Перевірку опору електричної ізоляції (2.4) проводять за допомогою мегаомметра з номінальною напругою 500 В, підключеного до установки мережі електроживлення.

Мегаомметр підключають між контактом заземлення і з'єднаними між собою контактами електричного живлення вихідного ланцюга стенду повірки лічильників. Покази мегаомметра слід відліковувати через хвилину після прикладання напруги 500 В. Установку вважають такою, що витримала випробування, якщо вона відповідає вимогам 2.4.

Перевірку перехідного опору ланцюга заземлення (2.2) проводять за допомогою омметра при відключеній від установки мережі електроживлення. Омметр підключають між контактом заземлення і металевою корпусною деталлю складової частини установки, яка живиться електричним струмом. Поверхня корпусної деталі в місці контакту має бути захищена від зачіпання захисного покриття і обезжирена. Установку вважають такою, що витримала

випробування, якщо вона відповідає вимогам 2.2.

Перевірку стійкості складових частин установки в транспортній тарі до дії температури (1.3.10) проводять в камері тепла та холоду. В камеру поміщають складові частини установки, які підлягають випробуванню, в їх транспортній тарі або в стані їх транспортування. Якщо габарити певної складової частини установки не дозволяють повністю розмістити її в камері, то в камеру її поміщають в розібраному стані. При цьому отвори, що ведуть у вимірювальний тракт установки, мають бути заглушені. В камері створюють температуру  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При цій температурі складові частини установки витримують не менше 6 годин. Точність підтримання температури в камері має бути в межах  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Потім температуру в камері протягом не менше як за 6 годин плавно підвищують до  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і при цій температурі складові частини установки витримують не менше 6 годин. Точність підтримання температури в камері має бути в межах  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Потім температуру в камері понижають до  $(20 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$  і при цій температурі витримують не менше 2 годин.

Установку вважають такою, що витримала випробування, якщо після дії на неї складових частин підвищеної вологості при розпакуванні не виявлено механічних пошкоджень, відлущення і пошкодження захисного покриття, корозії зовнішніх поверхонь.

Перевірку стійкості установки в транспортній тарі до дії транспортного трясіння (1.3.11) проводять шляхом її транспортування вкритому кузові вантажного автомобіля по асфальтованих дорогах на відстань 200 км з середньою швидкістю 40 км/год. Під час транспортування слід дотримуватися вимог розділу 5 цих ТУ. Установку вважають такою, що витримала випробування, якщо після транспортування на неї складових частин під час розпакування не виявлено механічних пошкоджень, відлущення і пошкодження захисного покриття, а при перевірці змонтованої установки за методикою 4.7, 4.8 вона відповідає умовам 1.3.4, 1.3.9.

Тестування програмного забезпечення (1.2.8) проводять шляхом розрахунку відносної похибки лічильників, що перевіряють, за формулами, наведеними в документах на повірку лічильників, та звірянням результату

цього розрахунку із значенням відносної похибки, визначеної при перевірці лічильників на установці. Для розрахунку приймають значення контрольного об'єму, температури, тиску, різниці тисків, кількості імпульсів, що виводяться на екран ПЕОМ в процесі повірки лічильників чи після її завершення. Методика проведення тестування програмного забезпечення має бути наведена в експлуатаційній документації. Програмне забезпечення вважають таким, що витримало тестування, якщо різниця значень відносної похибки лічильників за результатом розрахунку і визначеної при перевірці лічильників на установці не перевищує  $\pm 0,1 \%$ .

Вказівки щодо експлуатації

Умови експлуатації установок повинні відповідати категорії розміщення 4.2 згідно з ГОСТ 15150[26].

Експлуатація установок повинна здійснюватись за правилами, викладеними в їх експлуатаційній документації.

Установки підлягають повірці, яку проводять в установленому порядку за місцем експлуатації згідно з інструкцією по повірці.

Повірку РЕ проводять згідно з інструкцією по повірці.

## 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАРІВ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИК ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

### 3.1 Види метрологічних характеристик побутових лічильників газу

Метрологічні характеристики побутових лічильників газу відіграють ключову роль у забезпеченні точності та надійності вимірювання споживання газу.

Точність є однією з найважливіших метрологічних характеристик побутових лічильників газу. Ця характеристика відображає ступінь відповідності вимірювань лічильника до фактичного об'єму спожитого газу. З точністю тісно пов'язана надійність та довіра споживачів до вимірювальної системи, а також справедливість нарахувань за спожиті енергоресурси.

Визначення точності: Точність лічильника[27] зазвичай виражається у відсотках або як максимальна допустима похибка (МДП). Це показник, який вказує на максимально допустиме відхилення показань лічильника від реального об'єму газу, який проходить через нього. Наприклад, МДП  $\pm 1\%$  означає, що показання лічильника можуть відрізнятись від фактичного об'єму газу на 1% в більшу або меншу сторону.

Важливість точності: Точність лічильника безпосередньо впливає на розрахунки вартості спожитого газу. Недостатня точність може призвести до фінансових втрат для споживачів або постачальників газу, залежно від того, чи показання лічильника завищені чи занижені. Крім того, точність має важливе значення для забезпечення справедливості та прозорості у відносинах між споживачами та постачальниками енергоресурсів.

Перевірка та калібрування: Для забезпечення та підтримання високої точності лічильників необхідно регулярно проводити їх перевірку та калібрування. Це дозволяє виявляти та коригувати будь-які відхилення в роботі лічильника, що можуть виникати через знос, старіння компонентів або вплив зовнішніх чинників.

Новітні технології: Розвиток технологій також сприяє підвищенню точності лічильників. Сучасні електронні та інтелектуальні лічильники забезпечують більш високу точність та стабільність показників, а також

дозволяють проводити дистанційне зчитування даних та швидко виявлення помилок у вимірюваннях.

У підсумку, точність побутових лічильників газу є ключовим фактором, який забезпечує коректний розрахунок споживання газу та справедливе нарахування платежів. Це важливий аспект у забезпеченні довіри споживачів до системи газопостачання і вимагає регулярного моніторингу та технічного обслуговування.

Чутливість у контексті метрологічних характеристик побутових лічильників газу відіграє важливу роль, особливо при вимірюванні низьких рівнів споживання. Цей параметр характеризує здатність лічильника точно реагувати на невеликі зміни в об'ємі газу, що проходить через нього. Чутливість особливо критична для споживачів з невеликим споживанням газу, таких як побут або малі підприємства.

Важливість чутливості: Висока чутливість лічильника забезпечує точне вимірювання навіть мінімальних об'ємів газу. Це важливо для точного обліку спожитих ресурсів, особливо в періоди, коли споживання газу є низьким, наприклад, у літній період або при мінімальному використанні газових приладів. Недостатня чутливість може призвести до того, що невеликі об'єми газу не будуть враховані, що може спотворювати дані про споживання.

Технічні аспекти: Чутливість лічильника залежить від його конструкції та робочих характеристик. Наприклад, мембранні лічильники, які часто використовуються в побуті, мають високу чутливість до малого газового потоку. На чутливість може впливати також стан лічильника, знос його частин, а також умови експлуатації.

Перевірка та обслуговування: Регулярна перевірка та обслуговування лічильників є важливими для підтримання їхньої чутливості. Це може включати очищення від забруднень, перевірку та заміну пошкоджених частин, а також періодичне калібрування для забезпечення точності вимірювань.

Виклики та перспективи: З розвитком технологій постійно з'являються нові типи лічильників з покращеними характеристиками чутливості. Це

дозволяє більш точно вимірювати низькі рівні споживання, що є важливим у контексті зростаючої уваги до енергоефективності та економії ресурсів.

У підсумку, чутливість побутових лічильників газу є важливим фактором, що забезпечує точне вимірювання споживання навіть при низьких рівнях. Це сприяє справедливому обліку спожитого газу та допомагає споживачам контролювати та оптимізувати своє енергоспоживання.

Діапазон вимірювань є критичною характеристикою побутових лічильників газу, визначаючи мінімальний та максимальний об'єм газу, який може бути точно виміряний цими пристроями. Важливість цього параметра полягає в забезпеченні адекватності та точності вимірювань при різних рівнях споживання газу, від найнижчих до найвищих.

**Широкий Діапазон вимірювань:** Широкий діапазон вимірювань дозволяє лічильнику адекватно реагувати на значні коливання у споживанні газу, які можуть відбуватися з різних причин. Наприклад, у зимовий період споживання газу може збільшуватися через опалення, тоді як в літні місяці воно зазвичай знижується. Лічильник, який здатен точно вимірювати об'єм газу в цілому спектрі цих умов, є надзвичайно важливим для точного обліку спожитого газу.

**Мінімальний Об'єм Вимірювань:** Мінімальний об'єм вимірювань важливий для точного вимірювання газу при низьких рівнях споживання. Це може бути важливим у ситуаціях, коли газ використовується спорадично або для невеликих потреб, наприклад, для газових плит у періоди, коли опалення не використовується.

**Максимальний Об'єм Вимірювань:** Максимальний об'єм вимірювань забезпечує точність вимірювань при високому споживанні газу. Це важливо для господарств, які використовують газове опалення або мають високі потреби у газі з інших причин.

**Перевірка та Калібрування:** Регулярна перевірка та калібрування лічильників є важливими для забезпечення точності в межах всього діапазону вимірювань. Це дозволяє виявляти та коригувати відхилення в роботі лічильників, що можуть виникати з часом.

Технологічний Розвиток: Сучасні технології та матеріали дозволяють створювати лічильники з більш широкими та точними діапазонами вимірювань. Використання розумних технологій та автоматизованих систем обробки даних також сприяє підвищенню точності вимірювань та гнучкості в роботі лічильників.

Загалом, вибір лічильника з адекватним діапазоном вимірювань є важливим для забезпечення точного обліку споживання газу в усіх можливих умовах його використання, від мінімального до максимального споживання. це забезпечує справедливість і точність в нарахуванні платежів та допомагає споживачам краще контролювати своє споживання енергоресурсів.

Стабільність побутових лічильників газу є ключовою характеристикою, яка визначає їх здатність підтримувати постійні метрологічні параметри протягом усього терміну служби. Ця характеристика є важливою, оскільки вона безпосередньо впливає на надійність та точність вимірювань, що здійснюються лічильником.

Значення стабільності: Стабільність важлива для забезпечення того, що лічильник газу надаватиме точні та надійні показники протягом усього періоду експлуатації. Це означає, що лічильник здатний витримувати знос, зміни в умовах навколишнього середовища (такі як температура, вологість, атмосферний тиск) та інші фактори, які можуть впливати на його роботу.

Технічні аспекти: Стабільність лічильника залежить від якості його компонентів, конструкції, а також від технологій, які використовуються для його виготовлення. Високоякісні матеріали та сучасні технології збільшують здатність приладу зберігати свої метрологічні характеристики на високому рівні протягом тривалого часу.

Перевірка та обслуговування: Регулярна перевірка та обслуговування лічильників також важливі для підтримання їх стабільності. Це включає в себе калібрування, чистку та заміну зношених або пошкоджених частин. Такі заходи допомагають підтримувати точність вимірювань на належному рівні.

Вплив експлуатаційних умов: Умови експлуатації, такі як коливання температури та вологості, а також хімічний склад газу, можуть впливати на

стабільність лічильника. Сучасні лічильники зазвичай розробляються таким чином, щоб мінімізувати цей вплив.

Довгострокові перспективи: З плином часу технології постійно вдосконалюються, забезпечуючи виробництво лічильників, які є більш стабільними та надійними. Використання інтелектуальних та електронних лічильників, які можуть автоматично відстежувати та коригувати свої показники, стає все більш розповсюдженим.

У підсумку, стабільність побутових лічильників газу є фундаментальною для забезпечення точності та надійності вимірювань на протязі всього терміну їх служби. Регулярне технічне обслуговування, використання сучасних технологій та якісних матеріалів сприяють підтримці стабільності та ефективності лічильників, що є важливим для справедливого та прозорого обліку споживання газу.

Температурна компенсація є важливою функцією в сучасних побутових лічильниках газу, оскільки вона значно впливає на точність вимірювань. Ця технологія дозволяє лічильнику автоматично коригувати показники споживання газу, враховуючи зміни температури газу.

Значення температурної компенсації: Температура газу може змінюватися в залежності від зовнішніх умов, таких як погода або сезон. Ці зміни температури впливають на об'єм газу. Наприклад, коли газ нагрівається, його об'єм збільшується, і навпаки, коли охолоджується, об'єм зменшується. Температурна компенсація в лічильниках дозволяє враховувати ці зміни для забезпечення точних вимірювань.

Принцип роботи: У лічильниках з температурною компенсацією вбудований датчик температури, який постійно моніторить температуру газу. На основі цих даних лічильник автоматично коригує об'єм газу до стандартних умов (зазвичай, це 0°C або 20°C), що дозволяє нейтралізувати вплив температури на об'ємні показники.

Важливість для точності вимірювань: Температурна компенсація є ключовою для підвищення точності вимірювань, особливо в регіонах зі значними температурними коливаннями. Це забезпечує більш точний і

справедливий облік спожитого газу, незалежно від сезонних або погодних умов.

Переваги для споживачів: Завдяки температурній компенсації, споживачі можуть бути впевнені у тому, що їхні платежі за газ відображають фактичне споживання, адаптоване до змін у температурі. Це допомагає уникнути переплати в періоди підвищення температури і недоплати при її зниженні.

Технічні вимоги та обслуговування: Лічильники з температурною компенсацією можуть вимагати додаткового обслуговування та періодичної калібрування, щоб забезпечити точність та надійність датчиків температури.

У підсумку, температурна компенсація в лічильниках газу є важливою інновацією, яка допомагає забезпечувати точність вимірювань, адаптуючи показники до змін у температурі. Це не тільки сприяє справедливому нарахуванню платежів за газ, але й підвищує довіру споживачів до системи газопостачання.

Вологість є одним з важливих факторів, який може впливати на роботу та точність показників побутових лічильників газу. Особливо це актуально в регіонах з високим рівнем вологості або значними коливаннями рівня вологи. Розуміння впливу вологості допомагає в обслуговуванні та виборі лічильників для забезпечення точних вимірювань.

Вплив вологості на компоненти лічильника: Вологість може спричинити корозію металевих частин лічильника, в тому числі мембран або інших рухомих компонентів. Корозія може знижувати точність вимірювань та скорочувати термін служби приладу. Крім того, вологість може впливати на електричні компоненти лічильника, такі як мікросхеми та датчики, призводячи до їх збоїв або несправностей.

Вплив вологості на об'єм газу: Висока вологість може змінювати фізичні властивості газу, зокрема його об'єм. Це відбувається через змішування водяної пари з газом, що може призвести до помилок у вимірюванні об'єму спожитого газу. Такі помилки можуть бути особливо важливими в промислових застосуваннях, де вимоги до точності вимірювань є високими.

Заходи захисту: Для мінімізації впливу вологості на лічильники газу

важливо використовувати прилади, спеціально розроблені для роботи в умовах високої вологості. Це може включати в себе використання матеріалів, стійких до корозії, та захист електронних компонентів від впливу вологи.

Періодична перевірка та обслуговування: Регулярні перевірки та технічне обслуговування лічильників допомагають виявити та усунути потенційні проблеми, пов'язані з вологістю. Це включає в себе перевірку на корозію, перевірку стану ущільнювачів та інших захисних елементів.

Використання сучасних технологій: Сучасні лічильники газу часто оснащені додатковими функціями, які допомагають мінімізувати вплив вологості, наприклад, за допомогою інтегрованих датчиків вологості, що дозволяють автоматично коригувати показники відповідно до змін вологості навколишнього середовища.

У підсумку, вологість може значно впливати на роботу та точність побутових лічильників газу. Вибір правильних матеріалів, конструкцій, регулярне обслуговування, а також використання сучасних технологій, що забезпечують захист від вологи, є ключовими для забезпечення надійності та точності цих важливих приладів.

Тривалість служби та надійність є ключовими аспектами при оцінці побутових лічильників газу. Ці характеристики визначають, наскільки довго лічильник зможе працювати ефективно без потреби в обслуговуванні або заміні, а також ступінь довіри, яку можна покласти на його показники протягом цього часу.

Тривалість служби лічильника: Тривалість служби лічильника газу - це період, протягом якого він може точно та надійно вимірювати споживання газу. Цей період може варіюватися залежно від якості матеріалів, конструкції лічильника та умов експлуатації. Зазвичай виробники вказують приблизну тривалість служби своїх приладів, але фактичний термін може залежати від різних факторів, включаючи інтенсивність використання та догляд за приладом.

Надійність лічильника: Надійність лічильника відноситься до його здатності безперервно функціонувати без збоїв та з точними показниками.

Висока надійність важлива не тільки для точного обліку споживання газу, але й для запобігання несправностей, які можуть призвести до втрат газу або, у гіршому випадку, до аварійних ситуацій.

Фактори, що впливають на тривалість служби та надійність: Різні фактори можуть впливати на ці характеристики. Наприклад, якість матеріалів та компонентів лічильника, частота та інтенсивність його використання, умови навколишнього середовища, регулярність обслуговування та перевірок, а також вплив зовнішніх факторів, таких як температура, вологість та вібрації.

Обслуговування та технічне обслуговування: Регулярне технічне обслуговування та калібрування є важливими для підтримання надійності лічильників. Це включає періодичну перевірку стану компонентів, очищення, змащення рухомих частин, перевірку та заміну пошкоджених деталей.

Технологічний прогрес: Сучасні технології та матеріали дозволяють виготовляти лічильники з покращеною тривалістю служби та надійністю. Використання електронних компонентів, інтелектуальних систем та новітніх матеріалів може значно підвищити ефективність та довговічність лічильників.

У підсумку, тривалість служби та надійність є важливими показниками для оцінки якості побутових лічильників газу. Вони впливають на вартість власності, безпеку використання та точність обліку споживання газу, а також забезпечують спокій та довіру споживачів до використовуваних ними приладів.

Вплив зовнішніх факторів на показники побутових лічильників газу є значним, оскільки ці умови можуть впливати на точність та надійність вимірювань. Основні зовнішні фактори, які потрібно враховувати, включають температуру навколишнього середовища, вібрації, електромагнітні поля та інші екологічні впливи.

Температура навколишнього середовища: Температурні коливання можуть значно впливати на роботу лічильників газу. Наприклад, висока температура може розширювати металеві частини лічильника, впливаючи на його точність, тоді як низька температура може викликати стиснення або навіть замерзання компонентів. Такі умови можуть призводити до

неточностей у вимірюваннях або навіть до відмови пристрою.

**Вібрації:** Вібрації, особливо в промислових або будівельних місцевостях, можуть негативно впливати на лічильники газу, особливо на механічні моделі. Ці вібрації можуть призвести до механічного зносу, пошкоджень або збоїв в роботі лічильника.

**Електромагнітні поля:** Електромагнітні поля, які можуть виникати від високовольтних ліній електропередач, радіочастотних пристроїв та іншого обладнання, потенційно можуть впливати на електронні компоненти лічильників. Це може призвести до неточностей у вимірюваннях або навіть до збоїв у роботі електроніки.

**Інші екологічні фактори:** Інші умови, такі як вологість, пил, хімічні випари та інші атмосферні явища, також можуть впливати на роботу лічильників. Наприклад, висока вологість може призводити до корозії металевих компонентів, а пил та бруд можуть блокувати рухомі частини.

**Заходи захисту:** Для мінімізації впливу зовнішніх факторів на лічильники газу, важливо використовувати прилади, розроблені для роботи в конкретних умовах. Використання міцних, стійких до корозії матеріалів, ефективне ущільнення та адекватна ізоляція від електромагнітних полів можуть допомогти захистити лічильники від негативних зовнішніх впливів.

У підсумку, врахування впливу зовнішніх факторів є важливим для забезпечення точності та надійності показників лічильників газу. Адекватні заходи захисту, вибір відповідних матеріалів та конструкцій, а також регулярне технічне обслуговування можуть значно підвищити ефективність та тривалість служби цих важливих приладів.

Кожен з цих параметрів має велике значення при виборі та експлуатації побутових лічильників газу, оскільки вони впливають на точність та надійність вимірювань споживання газу.

### 3.2 Результати експериментальних досліджень впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики побутових лічильників газу

Підготовка стенду до роботи

Включити живлення стенду шляхом встановлення вики стенду в розетку.

Після цього включити автомат на боковій внутрішній стороні стенду (якщо він не включений) та вимикач «220 В».

Включити будь-який з вимикачів «Напрацювання», «Вологомір», та (або) «Вентилятор». При їх включенні повинно засвітитися табло відповідно блоку напрацювання, вологоміра та (або) перетворювача частоти.

Якщо табло не світяться, перевірити якість встановлення вики живлення стенду в розетку та перевірити включений стан автомату на задній стінці панелі.

Перевірити наявність тиску азоту в балоні. Для цього відкрити вхідний вентиль на балоні з азотом, повернувши його проти годинникової стрілки. За показами манометра вимірювання тиску в балоні (з верхньою межею вимірювання тиску 25 МПа) контролюється наявність азоту в балоні.

Перевірити наявність тиску повітря в балоні. Для цього відкрити вхідний вентиль на балоні з повітрям, повернувши його проти годинникової стрілки. За показами манометра вимірювання тиску в балоні (з верхньою межею вимірювання тиску 25 МПа) контролюється наявність повітря в балоні.

Перевірити наявність тиску азоту на вході в систему. Для цього повернути проти годинникової стрілки хрестоподібний гвинт на редукторі балону з азотом. За показами манометра вимірювання тиску на виході редуктора (з верхньою межею вимірювання тиску 2,5 МПа) виставити значення тиску в діапазоні від 0,2 до 0,4 МПа (2 – 4 бар).

Якщо тиск при регулюванні буде більший 0,4 МПа, то його слід стравити шляхом повороту крану «В атмосфер.», повернути за годинниковою стрілкою хрестоподібний гвинт на редукторі балону з азотом і після закриття крану «В атмосфер.» повторити виставлення тиску в діапазоні 0,2 – 0,4 МПа .

Перевірити наявність тиску повітря на вході в систему. Для цього повернути проти годинникової стрілки хрестоподібний гвинт на редукторі балону з повітрям. За показами манометра вимірювання тиску на виході редуктора (з верхньою межею вимірювання тиску 4 МПа) виставити значення тиску в діапазоні від 0,2 до 0,4 МПа (2 – 4 бар).

Якщо тиск при регулюванні буде більший 0,4 МПа, то його слід стравити шляхом повороту крану «В атмосф.», повернути за годинниковою стрілкою хрестоподібний гвинт на редукторі балону з повітрям і після закриття крану «В атмосф.» повторити виставлення тиску в діапазоні 0,2 – 0,4 МПа .

Перевірити наявність води в системі підготовки вологості. Для цього рукою повернути ємність під воду справа - на ліво та опустити ємність вниз та перевірити наявність води в ній. Рівень води повинен бути на 1-2 см нижче верхнього краю ємності. Якщо рівень води менший, долити в ємність води.

Перевірити наявність суміші толуолу та ізооктану в системі підготовки толуолу та ізооктану. Для цього рукою повернути ємність під суміш толуолу та ізооктану в рідкому стані справа - на ліво та опустити ємність вниз та перевірити наявність суміш толуолу та ізооктану в ній. Рівень суміш толуолу та ізооктану повинен бути на 1-2 см нижче верхнього краю ємності. Якщо рівень суміш толуолу та ізооктану менший, долити в ємність суміш.

Приєднати лічильник, що піддається випробуванню, до стенда. Відкрити вхідний перед лічильником та вихідний після лічильника крани стенду.

Перевірити, щоб всі інші крани трубопроводу були відкриті, а крани систем підготовки вологості та парів толуолу та ізооктану, а також на ємності для підготовки парів толуолу та ізооктану закриті.

#### Робота стенду

Перевірка герметичності всієї системи та з'єднання лічильника, що випробовується, до стенда

Для цього відкрити вхідний кран (перший) редуктора на балоні з азотом, а потім частково вихідний. Відкрити кран «Наповнення» та повернути ручку редуктора «Наповнення системи» за годинниковою стрілкою та добитися за показами манометра «Тиск в системі» надлишкового тиску системі на рівні 20

кПа (0,2 бар). Якщо тиск перевищує 20 кПа, то закрити кран «Наповнення» і стравити тиск краном «На ПЛГ».

Зняти покази абсолютного тиску та температури за показами вологоміра. Витримати систему під цим тиском протягом 3-5 хвилин або до повної стабілізації температури та тиску. Витримати систему під тиском 20 хвилин. Падіння тиску не допускається.

При відсутності герметичності виявити місця розгерметизації і їх ліквідувати.

Після цього повторити процес перевірки герметичності.

Визначення об'єму системи стенда

Значення об'єму системи необхідно для обчислення кількості суміші толуолу та ізооктану для забезпечення досліджень лічильника.

Для визначення об'єму системи необхідно декілька раз (наприклад 5 раз) провести дослідження системи за певного значення тиску в системі.

Для цього за показами вологоміра записуємо початкове значення барометричного тиску  $P_{\text{поч}}$  та значення початкової температури  $T_{\text{поч}}$ . Записують також початкові покази контрольного лічильника  $V_{\text{поч}}$ .

В систему подають стиснене повітря або азот під надлишковим тиском, наприклад 20 кПа (0,2 бар), проводять стабілізацію тиску протягом 30-60 сек. і після закінчення процесу стабілізації відкривають кран «На ПЛГ». Після повного стравлювання повітря або азоту записують кінцеві покази контрольного лічильника  $V_{\text{кін}}$ .

Повторюють дослідження при цьому значенні тиску ще чотири рази.

За даними вологоміра записують кінцеве значення барометричного тиску  $P_{\text{кін}}$  та значення кінцевої температури  $T_{\text{кін}}$ . Записують також кінцеві покази контрольного лічильника  $V_{\text{кін}}$ .

Обчислюють:

різницю об'ємів як  $\Delta V = V_{\text{кін}} - V_{\text{поч}}$ ;

різницю об'ємів на одне вимірювання як  $\Delta V_1 = \Delta V / 5$ ;

початковий коефіцієнт перетворення за результатами дослідження як  $K_{\text{поч}} = (P_{\text{поч}})/(273,15 + T_{\text{поч}})$ ;

кінцевий коефіцієнт перетворення за результатами досліджень як

$$K_{\text{кін}} = ((P_{\text{кін}}+20)/(273,15+T_{\text{кін}}));$$

різницю коефіцієнтів перетворення як  $\Delta K = K_{\text{кін}} - K_{\text{поч}};$

значення об'єму системи як  $V = \Delta V1/\Delta K.$

Обчислене значення об'єму приймають за фактичний об'єм системи.

Приклад:  $P_{\text{поч.}} = 99,8 \text{ кПа}; \quad P_{\text{кін.}} = 99,8 + 20 = 119,8 \text{ кПа};$

$$T_{\text{поч}} = 20 \text{ град. С}; \quad T_{\text{кін}} = 20,5 \text{ град.С};$$

$$V_{\text{поч}} = 46,0 \text{ л}; \quad V_{\text{кін}} = 52,1 \text{ л}; \quad \Delta V = 6,1 \text{ л};$$

$$\Delta V1 = 6,1 / 5 = 1,22 \text{ л};$$

$$K_{\text{поч}} = 99,8 / (273,15 + 20) = 0,34044005;$$

$$K_{\text{кін}} = (99,8+20) / (273,15 + 20,5) = 0,40796867;$$

$$\Delta K = 0,40796867 - 0,34044005 = 0,06752862;$$

$$V = 1,22 / 0,06752862 = 18,1 \text{ л.}$$

Обчислення кількості толуолу та ізооктану для забезпечення заданої суміші парів

Регламентом передбачено, що суміш толуолу та ізооктану по об'єму до об'єму системи повинна складати приблизно 3 відсотки, при цьому толуолу складає по об'єму 30 відсотків та ізооктану 70 відсотків.

Один моль толуолу та ізооктану в газоподібному вигляді займає 22,4 літри.

Молярна маса толуолу складає  $m_{\text{то}} = 92,14 \text{ г/моль}$ , ізооктану  $m_{\text{іо}} = 114,23 \text{ г/моль}$ .

Густина толуолу складає  $\rho_{\text{то}} = 0,867 \text{ г/см}^3$ , ізооктану  $\rho_{\text{іо}} = 0,688 \text{ г/см}^3$ .

Об'єм толуолу обчислюється так  $V_{\text{то}} = V_{\text{с}} * m_{\text{то}} * 0.03 * 0.3 / \rho_{\text{то}}$ .

Об'єм ізооктану обчислюється так  $V_{\text{іо}} = V_{\text{с}} * m_{\text{іо}} * 0.03 * 0.7 / \rho_{\text{іо}}$ .

Співвідношення толуолу до ізооктану як 0,043 мл / 0,156 мл або у відсотках - 22/78.

Пропонується суміш готувати із розрахунку 2,74 мл толуолу на 10 мл ізооктану, або на 10 мл толуолу 36,5 мл ізооктану.

Сумарний об'єм толуолу та ізооктану на 1 л системи складає

(0,043+0,156) 0,2 мл.

Один міліметр переміщення дозатора відтворює об'єм рідини рівним 0,07856 мл.

При відомому значенні об'єму системи кількість обертів маховика дозатора обчислюють за формулою  $nd = V * 0,2/0,07856$ .

Для нашого прикладу для системи об'ємом 18,1 л необхідно 3,59 куб. см суміші (0,77 куб. см толуолу та 2,81 куб. см ізооктану).

Кількість обертів маховичка складає 45,7.

Приймаємо 46 обертів. Похибка відтворення об'єму складає плюс 0,6 відсотка.

Підготовка парів суміші толуолу та ізооктану для заповнення системи

Для підготовки парів суміші толуолу та ізооктану для заповнення системи слід заповнити ємність блоку підготовки суміші толуолу та ізооктану сумішшю толуолу та ізооктану в рідкому стані.

За допомогою редуктора регулювання тиску підпору суміші толуолу і ізооктану «Толуол» встановити тиск на вході блоку підготовки суміші величиною 20 – 35 кПа (0,2 - 0,35 бар).

На дозаторі повернути маховичок проти годинникової стрілки до упору або так, щоб поршень дозатора знаходився в правому крайньому положенні.

Почергово відкрити крани – на вході системи підготовки суміші, на виході системи підготовки суміші, а потім кран стравлювання суміші толуолу та ізооктану з дозатора. При цьому перевірити, чи виливається суміш в ємність для збору суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані.

Закрити кран стравлювання суміші толуолу та ізооктану з дозатора і дозатором набрати суміш в дозатор обертаючи його за годинниковою стрілкою до упора.

Закрити кран на виході системи підготовки суміші.

Відкрити кран стравлювання суміші толуолу та ізооктану з дозатора і повернути дозатор на 30-40 обертів проти годинникової стрілки і прослідкувати, щоб з трубки в ємність для збору суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані виходила лише рідина без газу. Якщо в ємність для збору

суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані виділяються бульбашки газу, повторити операцію прокачування дозатора декілька раз.

Якщо газ в дозаторі відсутній, то відкрити кран на виході системи підготовки суміші і при закритому крані стравлювання суміші толуолу та ізооктану з дозатора дозатором набрати суміш в дозатор обертаючи його за годинниковою стрілкою до упора на 50-60 обертів.

Включити живлення електроплитки и встановити його на відмітку «3».

Включити термометр.

Витримати в такому стані електроплитку з ємністю поки температура за показами термометра в ємності стане рівною 35 - 40 градусів Цельсія. Електроплитку вимкнути.

Включити вентилятор вимикачем «Вентилятор». На перетворювачі частоти загориться табло зі значення частоти обертання ротора електромотора приводу вентилятора. Запустити вентилятор.

Виставити по ротаметру задане для даного типорозміру лічильника витрати.

Після виходу системи на задане значення витрати відкрити вхідний кран, що приєднує до системи вхідний газовий трубопровід та вихідний кран, що приєднує до системи вихідний газовий трубопровід та закрити кран «Толуол +Ізооктан».

Для довідки - Температура кипіння толуолу 110,62 °С та ізооктану 99,3 °С.

Коли температура в ємності підніметься до 95 градусів (це через 50 - 60 хвилин після вимкнення електроплитки), відкрити кран подачі суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані в ємність і обертаючи маховичок дозатора  $n$  раз, подати суміш в ємність..

Закрити кран подачі суміші толуолу та ізооктану в рідкому стані в ємність.

Закрити крани на вході та на виході системи підготовки суміші.

Азот буде продуватися через ємність підготовки суміші і насичуватися парами толуолу та ізооктану, що випаровується в ємності блоку підготовки

суміші.

Після продувки газу через ємність підготовки суміші протягом 1 години відкрити кран «Толуол+Ізооктан».

Проведення випробувань лічильника.

Виставити по ротаметру задану для даного типорозміру лічильника витрату.

Якщо витрата менша цього значення, то довести витрату до заданого значення натиснувши на перетворювачі частоти і тримаючи в такому стані кнопку «+», якщо витрата більше цього значення, то зменшити витрату до заданого значення натиснувши на перетворювачі частоти і тримаючи в такому стані кнопку «-».

Після виходу системи на задане значення витрати включити лічильника напрацювань тумблером «Напрацювання», при цьому перед початком випробувань нового лічильника скинути його початкові покази, натиснувши на кнопку «RESET» і витримавши її в такому стані декілька секунд.

Вимоги безпеки

Загальні вимоги безпеки до конструкції стенду - по ГОСТ 12.2.003[9].

Електрична ізоляція електроживлення стенду промислової електромережі витримує вплив змінної напруги 1500 В, частотою 50 Гц.

Електричний опір ізоляції електроживлення щодо корпусу не менше 20 МОм.

Стенд герметичний при дії максимального можливого тиску, створюваного установкою, що на 10 відсотків перевищує максимальний робочий тиск (0,5 кПа).

Стенд не створює шуму більше 60 Дб (з вентилятором).

Стенд має заземлення (болт) і в процесі роботи стенд повинен бути заземлений.

До робіт на стенді повинні допускатися особи, які пройшли навчання за правилами техніки безпеки, мають необхідну кваліфікацію і пройшли інструктаж на робочому місці.

Розміщення і монтаж

Стенд повинен бути розміщений в приміщенні не вище другого поверху і де протягом року підтримуються наступні умови:

- температура робочого середовища і навколишнього повітря ( $20 \pm 5$ ) °С;
- відносна вологість навколишнього повітря до 80%;
- зміна температури повітря в приміщенні не більше 5 °С протягом 8 годин і не більше 2 °С протягом однієї години;
- відсутні вібрації, трясіння і магнітні поля, що впливають на роботу лічильників і установки.

Стенд розміщується так, щоб між обладнанням і стінами був прохід не менше 0,5 метра.

Освітленість приміщення згідно санітарних норм.

Електричний монтаж стенда необхідно вести згідно вимог ПУЕ.

#### Технічне обслуговування

Технічне обслуговування стенду включає в себе наступні регламентні роботи:

- перевірка засобів вимірювальної техніки;
- перевірка запірної арматури;
- перевірка пристроїв управління.

Необхідно дбайливо поводитися із засобами вимірювальної техніки, не допускати ударів і забруднень.

Стежити за тим, щоб засоби вимірювальної техніки вчасно проходили перевірку и (при необхідності) калібрування.

Періодичність профілактичних робіт.

Перевірка якості заземлення - згідно діючих інструкцій на підприємстві, але не рідше одного разу на квартал

Побутові лічильники газу є одними із найбільш поширених засобів обліку природного газу у комунально-побутовій сфері. Ними здійснюється облік значної частини природного газу (близько 40-50%) від загального

об'єму, який споживається в Україні. Тому вивчення їх метрологічних і експлуатаційних характеристик є актуальним завданням.

В переважній більшості метрологічних досліджень здійснюють вивчення стабільності метрологічних характеристик побутових лічильників після закінчення міжпіврічного (восьмирічного) терміну експлуатації і роблять висновки про їх надійність і точність вимірювання при експлуатації[28].

Відомими є експериментальні дослідження щодо впливу газоводневих сумішей на правильність функціонування побутових лічильників газу[29].

Поряд з цим на сьогоднішній день актуальними є дослідження щодо впливу суміші пари толуолу та ізооктану на похибку побутових лічильників газу, зокрема мембранного типу.

Висвітленні результати цих вперше проведених досліджень опубліковані за моєю участю[30].

Мета випробування полягає в тому, щоб визначити, як мембрана та інші чутливі компоненти лічильника реагують на вплив хімічних речовин, таких як толуол та ізооктан. Це дозволяє переконатися в стійкості лічильників до хімічних сполук, які можуть потрапити у його систему за реальних умов експлуатації.

Якщо мембрана виготовлена з матеріалу, який є чутливим до хімічних впливів толуолу та ізооктану, то ці речовини можуть спричинити руйнацію матеріалу, що призведе до зниження ефективності мембрани. Пари толуолу та ізооктану можуть проникати через мембрану, особливо якщо вона не має високої ступені герметичності. Крім того, ці речовини можуть адсорбуватися на поверхні мембрани, що може спричинити зміну її властивостей та функціональності.

Якщо толуол та ізооктан потрапляють у внутрішню частину лічильника через мембрану, то вони можуть спричинити забруднення та блокування внутрішніх елементів, що може призвести до неправильності вимірювань.

Важливим аспектом випробувань є отримання переконань, що лічильники газу працюють безпечно та надійно, не створюючи небезпеки для споживачів та навколишнього середовища.

Дослідження проводилися на стенді для випробування побутових лічильників газу на вплив пари толуолу та ізооктану, який виготовлено згідно до вимог нормативного документу[31].

Для досліджень підготовлялася суміш із 10 мл толуолу та 35 мл ізооктану, яка заливається в ємність на стенді при закритих кранах. Перед цим прокачується систему.

Температура кипіння толуолу 95 °С, а ізооктану - 115 °С. У плиті розташовані спеціальні кулі, які нагріваються до необхідної нам температури 170°С. Далі подається суміш толуолу та ізооктану на розігріті кулі, які випаровують суміш та утворюють пари толуолу та ізооктану. Після цього на стенді здійснюється продування лічильника цими парами впродовж заданого інтервалу часу. Після цього лічильник повіряють на метрологічному стенді з метою визначення його похибки.

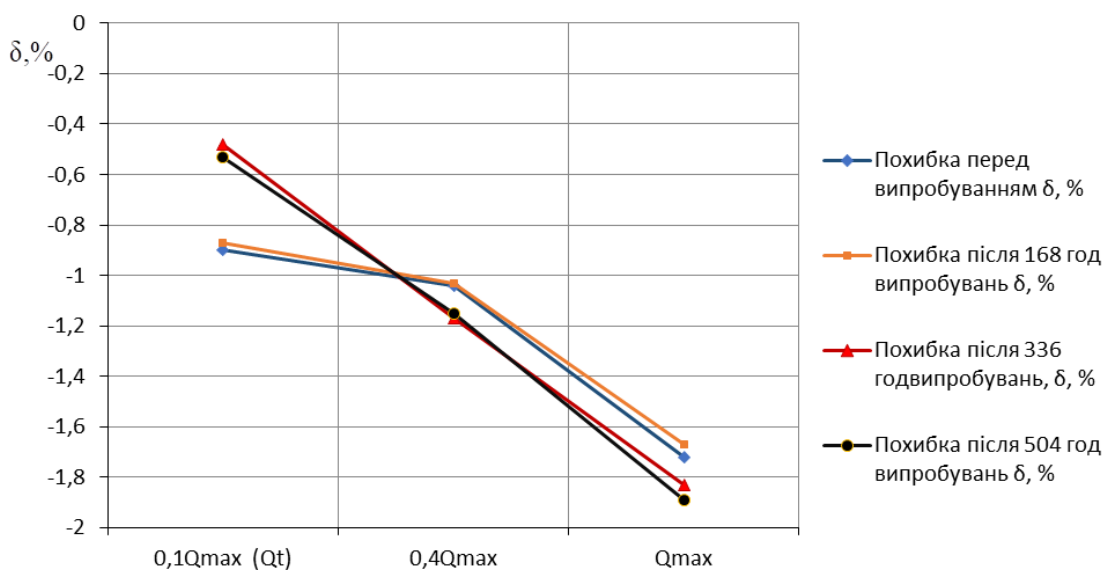


Рисунок 3.2 – Результати випробувань мембранних лічильників газу

Результати випробувань мембранних лічильників газу моделі MGM-UA G4 наведені на рис.3.2

Таблиця 3.1 - Результати випробувань лічильників газу мембранних MGM-UA G4

Метод випробувань	Отримані значення вимірюваних величин за витрат							НД на методи випробувань (ДСТУ EN 1359:2012)	Максимально допустимі значення вимірювань
	Q <sub>min</sub>	3Q <sub>min</sub>	0,1Q <sub>max</sub> (Q <sub>t</sub> )	0,2Q <sub>max</sub>	0,4Q <sub>max</sub>	0,7Q <sub>max</sub>	Q <sub>max</sub>		
Похибка перед випробуванням δ, %	-1,72	-1,15	-0,9	-0,92	-1,04	-1,41	-1,72	п 7.3.2	± 1,5 % для Q <sub>t</sub> ≤ Q ≤ Q <sub>max</sub> ; ± 3 % для Q <sub>min</sub> ≤ Q < Q <sub>t</sub>
Похибка після 168 год, δ, %			-0,87		-1,03		-1,67		не ≥ 3% від початкової
Зміна похибки δ, %			0,03		0,01		0,05		
Похибка після 336 год, δ, %			-0,53		-1,15		-1,83		
Зміна похибки δ, %			0,37		-0,11		0,11		
Похибка після 504 год, δ, %			-0,48		-1,17		-1,89		
Зміна похибки δ, %			0,42		-0,13		0,17		
Похибка після випробування δ, %	-2,11	-1,78	-1,22	-0,91	-1,33	-1,44	-1,29		± 1,5 % для Q <sub>t</sub> ≤ Q ≤ Q <sub>max</sub> ; ± 3 % для Q <sub>min</sub> ≤ Q < Q <sub>t</sub>

За результатами досліджень встановлено після тижневого (168год) випробування його метрологічні характеристики практично не змінилися. В той же час після двох і трьох тижневих випробувань за витрати  $0,1 Q_{max}$  похибка зменшується близько 0,5%, а на витраті  $Q_{max}$  є її зростання у від'ємну сторону близько 0,2%.Також спостерігається після 2 тижнів випробування зростання від'ємної похибки близько 0,2% на витраті  $0,4Q_{max}$ .

Таблиця 3.2 - Випробування випарами толуолу/ізооктану (п.7.3.2 ДСТУ EN 1359)

Дослідні взірці:	BK G2,5AT 23082162						
Тижні випробувань :	$Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /го д	$3Q_{min}$ , м <sup>3</sup> /год	$0,1Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /год	$0,2Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /год	$0,4Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /год	$0,7Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /год	$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /го д
Початковий			<b>-0,01</b>		<b>0,18</b>		<b>-0,27</b>
різниця між періодами	-	-	<b>-2,34</b>	-	<b>-1,97</b>	-	<b>-1,48</b>
після 168 год	-	-	<b>-2,35</b>	-	<b>-1,79</b>	-	<b>-1,75</b>
різниця між періодами	-	-	<b>0,28</b>	-	<b>-0,12</b>	-	<b>-0,12</b>
різниця між початковим	-	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>
після 336 год	-	-	<b>-2,07</b>	-	<b>-1,91</b>	-	<b>-1,87</b>
різниця між періодами	-	-	<b>-0,11</b>	-	<b>0,09</b>	-	<b>0,55</b>
різниця між початковим	-	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>
після 504 год	-	-	<b>-2,18</b>	-	<b>-1,82</b>	-	<b>-1,32</b>
різниця між періодами	-	-	<b>1,04</b>	-	<b>0,64</b>	-	<b>0,74</b>
різниця між початковим	-	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>	-	<b>0,00</b>
після 672 год	-	-	<b>-1,14</b>	-	<b>-1,18</b>	-	<b>-0,58</b>
після 840			-1,29		-1,39		-0,71
після повітря	-	-	-	-	-	-	-

Дані вказують на зміну в похибках вимірювань під впливом пари толуолу-ізооктану. Наявність зміни значень похибки у таблицях, а саме збільшення похибки після експерименту, свідчить про зміни у точності лічильників.

Наявність значних числових змін у даних може свідчити про суттєвий вплив пари толуолу на лічильники. При максимальній витраті  $Q_{max}$ , похибка зменшилась, при перехідній витраті  $0,1Q_{max}$  похибка збільшилась та при витраті  $0,4Q_{max}$  збільшилась. Це може вказувати на те, що лічильники не витримали впливу без зміни своїх метрологічних характеристик.

Дані демонструють, як тривалість впливу випарів впливає на характеристики лічильників. Відхилення, що зберігаються або змінюються з часом, можуть вказувати на вплив тривалості взаємодії з хімічними речовинами.

Експеримент надає цінну інформацію про поведінку лічильників у нетипових умовах[32]. Це може допомогти виробникам у покращенні стійкості лічильників до хімічних речовин та розширенні їхніх метрологічних можливостей.

На основі цих даних можна зробити висновок, що вплив пари толуолу має значний вплив на метрологічні характеристики побутових лічильників газу, що важливо враховувати при їх виробництві та експлуатації.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі здійснено аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження, також проведено аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу.

У ході розробки методики і технічних засобів для дослідження впливу випарів толуолу та ізооктану на метрологічні характеристики лічильників газу, було виявлено значні аспекти, що впливають на точність та надійність цих важливих вимірювальних приладів. Дослідження підкреслило критичну важливість урахування хімічних впливів на лічильники газу, особливо в умовах, де вони можуть бути піддані взаємодії з різними органічними речовинами.

Результати дослідження демонструють, що вплив випарів толуолу та ізооктану може призводити до зміни метрологічних характеристик лічильників, що, в свою чергу, впливає на точність обліку споживання газу. Це відкриває шлях для розробки нових технічних рішень та вдосконалення існуючих методик калібрування та обслуговування лічильників, щоб мінімізувати ці впливи та забезпечити більш надійний облік газу.

З огляду на зростаючу потребу в ефективному та точному обліку природного газу, розроблені методики та технічні засоби мають велике практичне значення. Вони допоможуть забезпечити більшу точність метрологічних вимірювань, зменшити втрати газу та підвищити економічну ефективність газових систем. Таким чином, ці дослідження вносять важливий вклад у розвиток газової індустрії та сприяють досягненню більшої стабільності та безпеки в енергозабезпеченні.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. ДСТУ 9035:2020. Лічильники газу для побутових потреб та комерційного обліку. Методика повірки [Чинний від 2020-11-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2020. 12 с.
2. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2019. 8 с.
3. ДСТУ 1359:2006. (EN 1359:1998, IDT). Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. IV, 45 с. (Національний стандарт України).
4. ISO 834:1975 Випробування на вогнетривкість. Елементи будівельних конструкцій.
5. Катамай В.Б., Криницький О.С., Середюк О.Є. Інформаційні технології при дослідженні експлуатаційних метрологічних характеристик побутових лічильників газу. *Інформаційні технології в освіті техніці та промисловості* : тез. доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, (7 жовтня 2021р, м. Івано-Франківськ). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. С.97-99.
6. Облік природного газу: довідник / М. П. Андрієшин, О. М. Карпаш, О. Є. Середюк [та ін.]; за ред. проф. С. А. Чеховського. Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. 180 с.
7. Середюк О.Є., Лютенко Т.В., Прудніков Б.І. Наукові засади бездемонтажної повірки побутових лічильників газу за обмеженим діапазоном робочих витрат. Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах: збірник тез доп. Третьої міжнар. наук. конф. (м. Вінниця, 27-29 жовтня 2015). Вінниця: ВНТУ, 2015. С. 43-45.
8. ДСТУ 3383 :2015 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2020. 9 с.
9. ГОСТ 12.2.003. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки [Чинний від 1991-06-06]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1991. V, 15 с. (Національний стандарт України).

10. ГОСТ 12.2.032. Система стандартів безпеки праці Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги [Чинний від 1979-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1978. II, 18 с. (Національний стандарт України).

11. ГОСТ 12.3.002. Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки [Чинний від 1976-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1975. I, 8 с. (Національний стандарт України).

12. ГОСТ 12.1.004. Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги [Чинний від 1992-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1991. III, 10 с. (Національний стандарт України).

13. ГОСТ 12.1.005 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони [Чинний від 1989-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1988. I, 6 с. (Національний стандарт України).

14. ДСН 3.3.6.042. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Чинний від 1999-01-12]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1999. I, 9 с. (Національний стандарт України).

15. ДСН 3.3.6.037. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації [Чинний від 1999-01-12]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1999. IV, 16 с. (Національний стандарт України).

16. ДСН 3.3.6.039. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Чинний від 1999-01-12]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1999. V, 18 с. (Національний стандарт України).

17. ДБН В.2.5-28. Природне і штучне освітлення [Чинний від 2019-01-03]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2019. II, 11 с. (Національний стандарт України).

18. ДБН В.2.5-67. Інженерне обладнання будівель і споруд [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2013. I, 4 с. (Національний стандарт України).

19. ДСанПіН 2.2.7.029. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення [Чинний від 1999-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. III, 13 с. (Національний стандарт України).

20. СанПіН 4630. Санитарні правила и норми по охране поверхности вод от загрязнения [Чинний від 1999-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. III, 17 с. (Національний стандарт України).

21. ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення [Чинний від 2006-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 7 с.

22. ГОСТ 27.410 12 Вироби ГСП. Загальні технічні умови [Чинний від 1999-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. I, 6 с. (Національний стандарт України).

23. ДСТУ 3400:2006 Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення, організація, порядок проведення і розгляду результатів [Чинний від 2007-01-04]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2006. 13 с.

24 ГОСТ 24297-87 Вхідний контроль продукції. Основні положення. З поправкою [Чинний від 1989-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1987. I, 7 с. (Національний стандарт України).

25 ГОСТ 12997 ГОСТ 12997-84 Вироби ДСП. Загальні технічні умови [Чинний від 1986-01-07]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1984. I, 11 с. (Національний стандарт України).

26 ГОСТ 15150-69 Машини, прилади і інші технічні вироби. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині дії кліматичних чинників зовнішнього середовища [Чинний від 1971-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1969. IV, 19 с. (Національний стандарт України).

27. ДСТУ 3336-96. Лічильники газу побутові. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 1996-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 1996. 9 с. (Державний стандарт України).

28. Середюк О.Є., Лютенко Т.В., Винничук А.Г. Дослідження можливості оцінювання об'єму газу побутовими лічильниками у всьому діапазоні витрат з використанням статичних методів. Український метрологічний журнал. 2018.№2. С. 34-45.

29 Д.О. Середюк, Ю.Т. Пелікан, О.А. Бас, Р.Т. Мануляк, В.Б. Шевчук  
Визначення впливу водню та газоводневих сумішей на метрологічні характеристики побутових лічильників газу. // Нафтогазова галузь України. 2022. -№1. – С.16-21.

30. В.Б. Катамай<sup>1</sup>, Д.О.Середюк<sup>1</sup>, В.І. Лемішка, О.Є. Середюк.  
Дослідження впливу пари толуолу та ізооктану на похибку побутових мембранних лічильників газу. Інформаційні технології в освіті техніці та промисловості :тез. доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 12 жовтня 2023р, м. Івано-Франківськ. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. С.119-120.

31. ДСТУ EN 1359:2012 Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання / Нац. стандарт України. – Вид. офіц. – [Уведено вперше ; чинний від 2013-05-01]. – Київ : ТОВ «Нафтогазбудінформатика», 2012. – 48 с.

32.Катамай В.Б., Середюк О.Є. Дослідження впливу вагових коефіцієнтів по кількості лічильників при розробленні статистичних моделей зміни похибки побутових лічильників газу від вимірних об'ємів газу. *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості*: збірник тез доп. всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 13 жовтня 2022 р, м. Івано-Франківськ, Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. С. 141-143.