

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного
менеджменту

Зінчук Дмитро Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 006.91
(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Дослідження метрологічних моделей при експлуатації побутових 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 Д.Ю.Зінчук

(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

В.С. Цих

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

Івано-Франківськ – 2026

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного менеджмент

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 152- Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТЕМ

В.С. Цих

« » 20 року

**З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Зінчук Дмитро Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження метрологічних моделей при експлуатації побутових лічильників газу

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

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “13” травня 2026 року № 215/7

2. Строк подання студентом роботи 20.06.2026

3. Вихідні дані до роботи побутові лічильники газу, тип – мембранні, діапазон робочих витрат до 10 м³/год, типорозміри G2,5;G4;G6, робочий тиск 5,5 кПа, робоча температура 20±2 °С

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження

2 Аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу

3 Суть і призначення інформаційних метрологічних моделей побутових лічильників газу

4 Дослідження інформаційних моделей побутових лічильників газу

5 Охорона праці

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

1. Типова конструкція мембранного лічильника

2. Схема установки для перевірки газових лічильників

3. Графічна ілюстрація зміни середнього значення похибки ПЛГ

4. Статистичні дослідження похибки ПЛГ від тривалості їх експлуатації

5. Гістограми розподілу експлуатаційної похибки ПЛГ різних виробників

6. Залежність зміни середнього значення похибки від вимірюваного об'єму газу за різних витрат

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормо-контроль	Чуйко М.М., доц.		
Охорона праці	Кривенко Г.М., доц.		

7. Дата видачі завдання 01.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження</i>	20.04.2026	
2.	<i>Аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу</i>	10.05.2026	
3.	<i>Дослідження видів інформаційних моделей побутових лічильників газу</i>	20.05.2026	
4.	<i>Розроблення і дослідження інформаційних моделей</i>	01.06.2026	
5.	<i>Охорона праці</i>	05.06.2026	
6.	<i>Оформлення бакалаврської роботи</i>	10.06.2026	

Студент _____ Мислицький Т.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Чуйко М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 88 с., 24 рис., 11 табл., 30 джерел, 4 аркуші креслень.

Об'єкт дослідження – метрологічні моделі побутових лічильників газу .

Мета роботи – розроблення і дослідження моделей побутових лічильників газу.

У бакалаврській роботі проведено аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження, також здійснено аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу. Розглянуто суть і призначення інформаційних метрологічних моделей побутових лічильників газу.

Здійснено аналіз потенційних небезпек виробничих факторів

ЛІЧИЛЬНИК, ГАЗ, ПОХИБКА, ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ, ВИТРАТА
,ПЛГ .

ABSTRACT

Thesis: 88 pages, 24 figures, 11 tables, 30 sources, 4 sheets of drawings.

The object of research is metrological models of household gas meters.

The purpose of the work is to develop and study models of household gas meters.

In the bachelor's work the analysis of household gas meters as an object of research is carried out, also the analysis of technical means for metrological research of household gas meters is carried out. The essence and purpose of information metrological models of household gas meters are considered. The analysis of potential dangers of production factors is carried out

COUNTER, GAS, ERROR, INFORMATION MODEL,
CONSUMPTION,PLG.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження	8
1.1 Аналіз побутових лічильників як об'єкта метрологічних досліджень.....	8
1.2 Аналіз типів моделей серійних побутових лічильників газу.....	15
1.3 Аналіз нормативних документів для метрологічних досліджень побутових лічильників газу.....	22
2. Аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу.....	26
2.1 Дзвоніві установки.....	26
2.2 Установки на базі ємності високого тиску.....	29
2.3 Спосіб оперативного визначення похибки ПЛГ	
3. Дослідження видів інформаційних моделей побутових лічильників газу..	41
3.1 Суть і призначення інформаційних метрологічних моделей побутових лічильників газу.....	41
3.2 Види інформаційних моделей.....	46
3.3 Застосування інформаційних технологій при дослідженні експлуатаційних метрологічних характеристик побутових лічильників газу різних типорозмірів.....	51
4. Розроблення і дослідження інформаційних моделей.....	56
4.1 Розроблення методики побудови інформаційних моделей.....	56
4.2 Розроблення моделі.....	59
4.3 Дослідження впливу вибірок на побудову інформаційних моделей.....	62
4.4 Дослідження впливу вагових коефіцієнтів по діапазону похибок і кількості лічильників при розробленні моделей зміни похибки побутових лічильників газу від інтенсивності експлуатації.....	64
4.5 Зміна середньоквадратичного відхилення похибки ПЛГ	68
4.6 Кваліметричний підхід до формування інформаційних моделей ПЛГ	
5. Охорона праці.....	71
5.1 Аналіз шкідливих та потенційно небезпечних виробничих факторів.....	71

5.2 Забезпечення нормальних умов праці.....	74
5.3 Забезпечення безпеки технологічних процесів,монтажу,налагоджування таексплуатації обладнання.....	79
5.4 Розрахунок штучної освітленості робочого місця.....	81
Висновки.....	84
Перелік використаних джерел.....	85

ВСТУП

Останнім часом актуальним є питання енергозбереження та раціонального використання природних ресурсів, в тому числі природного газу. Тому виникає необхідність наявності обладнання для точного вимірювання обсягів його постачання пром підприємствам та населенню. В основному для цього використовуються лічильники вимірювання об'єму промислового та побутового газу. Останніми користуються переважно побутові споживачі, тобто населення. Для особистого обліку природного газу українські побутові споживачі використовують понад 9,5 млн. побутових газових лічильників (ПЛГ), більшість з яких є мембранного типу [1, 2]. Це свідчить про актуальність метрологічних досліджень ПЛГ при їх виготовленні та експлуатації.

Опрацювання статистичних результатів перевірки ПЛГ дає підставу для аналізу стабільності їх метрологічних характеристик в експлуатаційних умовах, що може характеризувати про якість виготовлення ПЛГ виробниками і доцільність більшої чи меншої кількості впровадження до застосування ПЛГ тієї чи іншої моделі [4].

Також ці статистичні дані можуть слугувати опосередкованою інформацією про втрати газозбутових організацій. Адже, як відомо, під час експлуатації метрологічні характеристики ПЛГ змінюються і переважно це приводить до зміни похибки у від'ємну сторону, що зумовлює недооблік природного газу у побутовій сфері, тобто виникають його втрати [6].

Тому існує необхідність проводити статистичні дослідження стабільності метрологічних характеристик ПЛГ різних виробників в експлуатаційних умовах за результатами їх періодичної перевірки. ПЛГ потребують проведення постійних статистичних досліджень для регіонів і областей України, а також проведення кореляцій за результатами досліджень інших років, що дасть можливість створювати нові і досліджувати різні метрологічні моделі ПЛГ [8].

1.АНАЛІЗ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ЯК ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз побутових лічильників як об'єкта метрологічних досліджень

Існуючі методи вимірювання об'ємного витрати природного газу класифікуються за потужністю: побутові (до $10 \text{ м}^3/\text{год}$), комунальні ($10\text{-}40 \text{ м}^3/\text{год}$) і промислові (понад $40 \text{ м}^3/\text{год}$).

Домашні лічильники газу (ПЛГ) призначені для вимірювання кількості газу, що використовується домашніми споживачами. Для цього використовуються роторні та мембранні витратоміри з діапазоном витрати ($0,016\ldots 10$) $\text{м}^3/\text{год}$ і максимальним надлишковим тиском до 100 кПа [2].

У сучасному житті лічильники, які використовуються, відрізняються за призначенням, принципом роботи та дизайном. Для оцінки та порівняння різних конструкцій і модифікацій лічильника, як засобу вимірювальної техніки та визначення фактичної точності кількісних вимірювань, були нормовані наступні характеристики [3]:

- Діаметр - діаметр в мм, через який умовно пропущена вхідна труба лічильника.

- Відносна похибка відсотка показань - різниця між показанням лічильника V_l і фактичною кількістю речовини V_d , що проходить через лічильник.

- Втрата тиску - Перепад тиску, що визначається за показаннями манометра на вхідному та вихідному трубопроводах манометра, через гідравлічний та механічний опір його механізму.

- Діапазон вимірювання – область значень величини, в межах якої є нормовані та допустимі границі похибки.

- Нижня межа вимірювання - Відносна похибка показань лічильника не перевищуватиме мінімального погодинного споживання допустимого значення.

- Верхня межа вимірювання - Максимальна погодинна витрата на помилки зчитування та втрати тиску не повинна перевищувати встановлені допуски (експлуатація лічильника на верхній межі дозволяється лише при

короткочасних пікових навантаженнях - загальна сума не повинна перевищувати однієї години на день)

- Номінальна витрата - максимальна погодинна витрата, для якої похибка показання не перевищує допустимого значення, і втрата тиску при цій вартості не виникає через зусилля обладнання, що спричиняє швидкий знос третьових частин.

- Поріг чутливості - мінімальна погодинна вартість, за якої чутливі елементи пристрою вловлюють встановлений рух і лічильник починає «давати» будь-які помилкові показання. Поріг чутливості характеризується тертям в лічильнику, що залежить від його конструкції та фізико-хімічних властивостей вимірювальної речовини.

- Об'єм лічильного механізму - максимальна кількість речовини, яку може розрахувати лічильний механізм приладу.

- Назва типорозміру лічильника - Символ характеристики газового лічильника, що складається з латинської літери G та номінального значення витрати в м³/год, наприклад, G4, G6

- Об'єм вимірювання - це об'єм між ротором і стінкою лічильника.

- Максимально допустимий робочий надлишковий тиск - Різниця між абсолютним тиском і атмосферним тиском, яку не слід перевищувати під час роботи приладу.

Відносну похибку ПЛГ δV визначають із виміряного значення контрольного об'єму.

За результатами дослідження значень відносної похибки значень ПЛГ, в діапазоні різних значень експлуатаційних витрат, була побудована крива граничної відносної похибки витратоміра від значення витрати, в паспорті лічильника, наприклад рис. 1.1.

Відносна похибка δ для ПЛГ з урахуванням втрат тиску та відмінності температурного середовища на вході підраховуючого механізму та на вході робочого еталона розраховують за формулою [5]:

$$\delta = \left[\frac{V_L}{V_0} \cdot \frac{p_L}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_L} - 1 \right] \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

або

$$\delta = \delta_v + K_p + K_T, \quad (1.2)$$

де p_0, p_L – значення абсолютного тиску в робочому еталоні та лічильнику відповідно, Па; T_0, T_L – значення абсолютного тиску в робочому еталоні та підраховуючому пристосуванні відповідно, К; K_p – корективи до відносної похибки лічильника викликана різницею тисків між входом лічильника і входом зразкового засобу вимірювальної техніки, %; K_T – виправлення відносної похибки лічильника викликана різницею температур по тракту на вході зразкового засобу вимірювальної техніки та на вході лічильника, % [5].

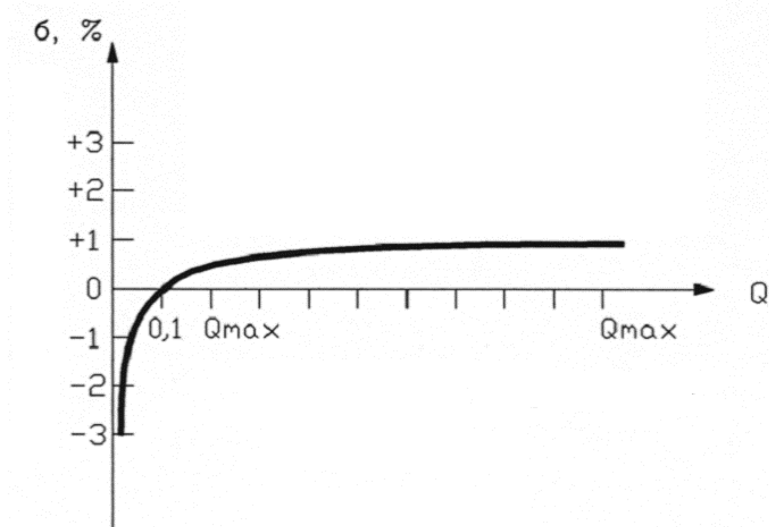


Рисунок 1.1 – Типова крива залежності величини відносної похибки роторного ПЛГ [5]

Для використання в побутовій площині вживають роторні лічильники типу РЛ типорозмірів G2,5, G4 і G6. Потенційно можлива умовна похибка цих зчитувальних механізмів розташована в межах: в діапазоні витрат від Q_{min} арбузовому $2Q_{min}$ - $\pm 3,0$ %; в спектрі витрат від $2Q_{min}$ арбузовому Q_{max} - $\pm 2,0$ % [2].

Основними недоліками лічильників роторного типу є посилене інтенсивне зношування робочих деталей, нерівномірність зміщення газу в допустимих значеннях одного оберту і причина виникнення пульсацій витрати і тиску, мала чутливість зчитувального пристрою при малих концептах витрати, в кінцевому рахунку недооблік природного газу.

Лічильники мембранного типу, які можуть використовуватися в

комунально-побутовій області діють в діапазоні робочих витрат (0,016-10) м³/год та робочих концептах надлишкового тиску до 50 кПа [1]. Типова крива залежності умовно порівняльної похибки зчитувального пристрою мембранного типу наведена на рис. 1.2 [29].

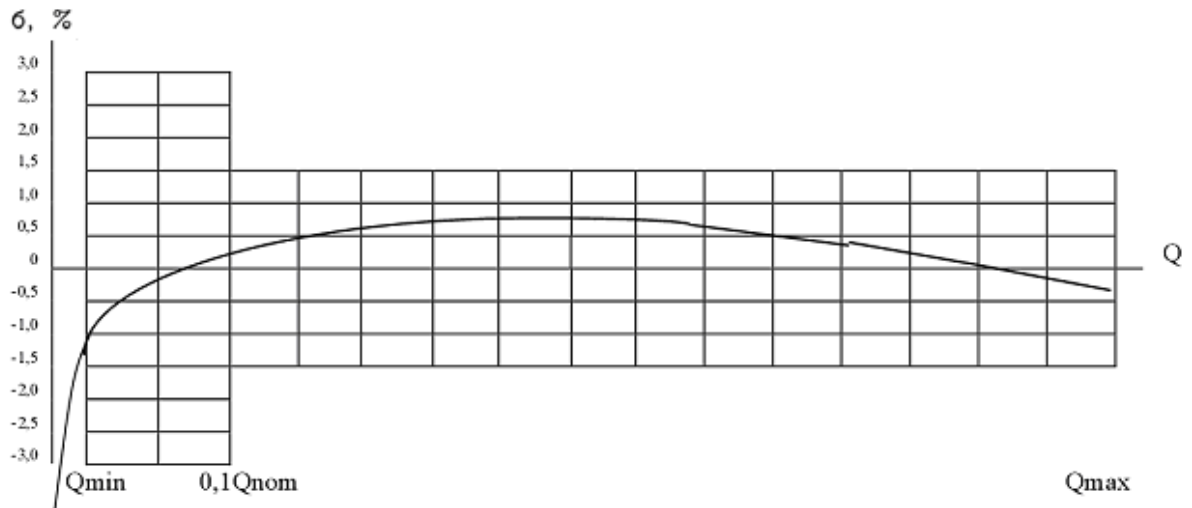


Рисунок 1.2 – Типова крива залежності відносної похибки мембранного ПЛГ [16]

Водночас, мінусом лічильників мембранного типу в наявності є відношення до температури оточуючого середовища, так як є допустимість втрати еластичності мембрани, внаслідок чого зчитувальний пристрій слід розміщувати в опалюваному приміщенні, але не прямо біля джерела тепла. В умовах аварійної ситуації на газопроводі, дані лічильники мають малий запас міцності. Їхня перевага - великий спектр робочих витрат (1:150) і більше, що робить найвдалішим їх використання в комунально-побутовій області діяльності. Згідно за інформаційними відомостями ВАТ Івано-Франківськгаз положенням на 01.01.2018р. майже всі ПЛГ в наявності є мембранного типу, а саме найчастіше встановлені ПЛГ фірм Премагаз (Словаччина) та Самгаз (м.Рівне) [1].

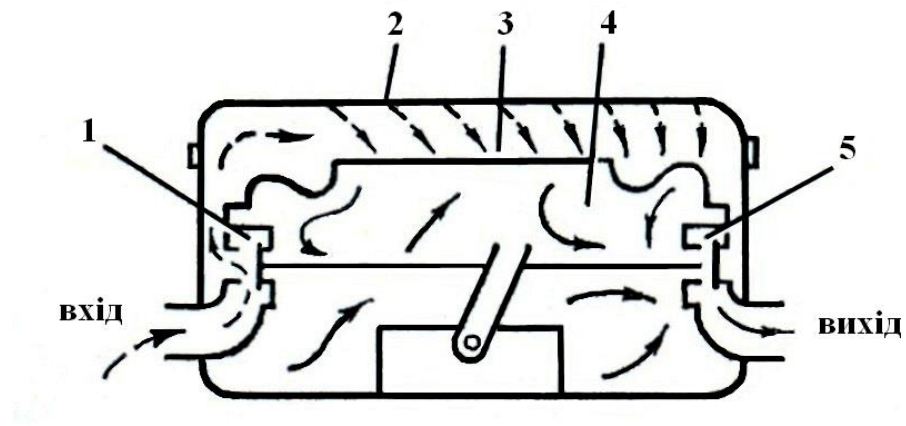
З чинних нормативних документів випробовування ПЛГ проводять на еталонних установках де робочим середовищем є повітря. У зв'язку з даним дослідження метрологічних характеристик та режимів роботи ПЛГ на природньому газі, які проводились би в Україні не знайдено. Незважаючи на це, фізико-хімічні властивості повітряного клімату і природного газу відмінні, що

прямо впливає на достовірність обліку ПЛГ. Дивлячись на це деякі закордонні виробничі фірми зчитувальних механізмів газу проводять перевірку з застосуванням в властивості робочого середовища не тільки повітря, а ще й природний газ.

Газові мембранні лічильники належать до маловитратних засобів обліку газу і знаходять використання переважно для побутової мети і в не дуже великих опалювальних котельнях. Діапазон робочих витрат не перевершує $10 \text{ м}^3/\text{год}$ [2].

Лічильники виготовляють з однією або 2-ма мембранами і залежно від цього з двома або 4-ма вимірювальними камерами. Газ по камерах розподіляють золотники або клапани. Золотниковий розподіл використовується для вимірювання різного тиску і витрат газу. Цей метод більше використовується закордоном, зокрема в приладах з двома мембранами. Клапанний розподіл використовують в приладах з однією та 2-ма мембранами.

Принципова схема газового лічильника з клапанним розподілом зображена на рисунку 1.3. Головними частинами зчитувального механізму є корпус, газорозподільний і відліковий механізми. Корпус в наявності є герметичним штампованим з жерсті циліндром, що має у внутрішності дві газорозподільні камери з патрубками для приєднання зчитувального пристосування до газопостачання. Камери поділені вимірювальною рухомою перетинкою (мембраною). Перетинку роблять з еластичної шкіри, її замінників або поліхлорвінілу. В центрі діафрагми знаходиться зроблений з металу диск. При зміні тиску газу діафрагма (мембрана) може розтягується або стискається, при цьому відбувається зворотно-поступальне пересування диску. При цьому клапани газорозподільного механічного пристосування, які зв'язані з рухомою мембраною системою важелів, на автоматі перемикаються. При перемиканні клапанів газ по порядку поступає в одну, або іншу розподільні камери. За хід рухомої перетинки витісняється об'єм газу рівний об'єму вимірювальної камери. Сумарне число по ходу перетинки фіксується відліковим механізмом, який скоординований системою важелів з диском мембрани. Механізм рахуючого пристрою розміщений в корпусі [2].



1, 5 - газорозподільні камери з патрубками; 2 - корпус; 3 - металевий диск; 4 - вимірювальна камера

Рисунок 1.3 – Типова конструкція мембранного лічильника [2]

Для запобігання деформації та втрати еластичності вимірювальної мембрани рекомендується встановлювати мембранний газовий лічильник в камеру нагріву. З цієї ж причини не рекомендується розміщувати їх поблизу газових плит та інших джерел тепла та в жарких приміщеннях.

Ці лічильники призначені для роботи при надлишковому тиску до 50 кПа і мають невеликий або відсутній достатній запас безпеки при перевищенні, тобто в разі аварійної ситуації в системі газопостачання. Це можна вважати одним з їх головних недоліків. При цьому безсумнівною перевагою є великий діапазон контрольованих витрат (1:150), тощо.

У таблиці 1.1 наведені основні технічні та вимірювальні характеристики мембранних лічильників газу[2].

Виробниками цих лічильників є наступні компанії:

- СП «САМГАЗ» (м.Рівне);
- ВАТ «Мукачівприлад» (м.Мукачеве , Закарпатська область);
- «PREMAGAS s.r.o.» (Словацька республіка);
- Жулянський машинобудівний завод «Візар» (м.Вишневе , Київська область);
- ЗАТ «Шлюмберже УкрГаз метерс компані» (м.Київ).

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики мембранних лічильників газу [1, 2]

Назва параметра	Нормоване значення для виконань і типорозмірів		
	G1.6	G2.5	G4
Номінальна об'ємна витрата, м ³ /год	1.6	2.5	4
Максимальна об'ємна витрата, м ³ /год	2.5	4	6
Мінімальна об'ємна витрата, м ³ /год	0.016	0.025	0.04
Діапазон робочих температур, °C	-20...+60		
Максимальний робочий надлишковий тиск, кПа	50		
Ціна одиниці молодшого розряду, дм ³	0.2		
Межі допустимої відносної похибки, % :			
- від $Q_{\min}$ до $2 Q_{\min}$	±3		
- від $2 Q_{\min}$ до $Q_{\max}$	±2		
Втрати тиску при $Q_{\max}$, не більше, Па	200		
Ємність відлікового пристрою, м ³	99999.998		
Маса, кг	1.9		
Об'єм вимірювальної камери, дм ³	1.2		

1.2 Аналіз типів моделей серійних побутових лічильників газу

Лічильник газу – засіб вимірювальної техніки, який призначений для вимірювання об'єму газу, що протікає через переріз трубопроводу за певний проміжок часу. Лічильники бувають різних типів, типорозмірів і призначення.

Предметом даного дослідження є метрологічні характеристики лічильників, які використовуються для обліку природного газу в побутовій сфері. Вони термінологічно називаються побутовими лічильниками газу (ПЛГ).

Головні сфери застосування побутових лічильників: побутове і житлово-комунальне господарство. За допомогою цих пристроїв можна змінювати і контролювати рух не тільки природного, але і будь-яких інших газів: зрідженого газу, ацетилену, вуглеводневої суміші, повітря і т. д [12].

За принципом дії лічильники газу бувають:

Мембранні; роторні; турбінні; ультразвукові.

Крім того, багато моделей мають пропускну здатність у будь-якому напрямку, як в ліву, так і в праву сторону.

Основні якості лічильників газу

Більшість побутових газових лічильників характеризуються такими основними якостями: стійкість перед перепадами тиску в мережі, якісне внутрішнє і зовнішнє антикорозійне покриття та наявність спеціального блокування, що не дозволяє здійснювати зворотний хід середовища. Сучасні моделі лічильників працюють практично безшумно, що є ще одним їхнім плюсом [4].

Лічильники газу мембранні призначені для вимірювання об'єму споживаного газу (природного, скрапленого, нафтового та інших неагресивних газів) в квартирах, індивідуальних будинках та інших сферах комунального господарства [10].

Принцип роботи лічильника заснований на переміщенні рухливих перегородок (діафрагм), розташованих в камерах, при надходженні газу в лічильник. Впуск і випуск газу викликає по чергово рух діафрагм, які пов'язані з системою важелів і редуктором. Редуктор приводить в дію лічильний механізм,

показання якого відградуйовані в м^3 [11].

Приклади лічильників мембранного типу:

Побутовий мембранний лічильник газу Metrix G10

Мембранний газовий лічильник Metrix G10 призначений для вимірювання спожитого газу в місцях, у яких сумарно-максимальне споживання газу на встановлених газових приладах не перевищує $16 \text{ м}^3/\text{год}$ [1].

Допустима температура навколишнього середовища газового лічильника під час експлуатації складає від -25°C до $+55^\circ\text{C}$ [2].



Рисунок 1.4 – Побутовий мембранний лічильник газу Metrix G10 [1]

Побутові лічильники газу діафрагменні Ельстер типу ВК-G1,6(T); ВК-G2,5(T); ВК-G4(T) з правим та лівим напрямками потоку газу

Лічильники призначені для вимірювання об'єму споживаного газу (природного, скрапленого, нафтового та інших неагресивних газів) в квартирах, індивідуальних будинках та інших сферах комунального господарства.



Рисунок 1.5 – Побутові лічильники газу діафрагменні Ельстер

Роторні лічильники

Лічильники механічного типу. Два ротора розташовуються в вимірювальній камері поперек потоку газу. При надходженні газу на вхід лічильника обидва ротора під його натиском приходять в обертання. Форма роторів (в перерізі нагадує цифру 8) і перетин вимірювальної камери розраховується таким чином, щоб при обертанні ротор одним кінцем описував профіль поверхні стінки вимірювальної камери, а іншим кінцем описував профіль поверхні другого, що обертається назустріч ротора. У початковому положенні ротора розташовуються під кутом 90° один до одного, це взаємне положення фіксується двома колесами-синхронізаторами, встановленими на осях роторів. Ці ж колеса забезпечують строго синхронне обертання роторів. При обертанні обидва ротора поперемінно відсікають певний обсяг газу (порцію), укладений між ротором і стінкою вимірювальної камери і перепускають його на вихід лічильника. Обсяг пройшов через лічильник газу пропорційний кількості порцій і, відповідно, пропорційний числу оборотів роторів. Обертання ротора з його осі через механічну передачу (редуктор, магнітна муфта, система шестерень) передається на рахунковий механізм, в якому відбувається накопичення кількості минулого газу. Застосовуються для максимальних витрат $Q_{\text{макс}}$ від 10 ... 16 до 650 ... 1000 $\text{м}^3 / \text{год}$ (рідше - в побутовому секторі для $Q_{\text{макс}}$ 4 ... 10 $\text{м}^3 / \text{год}$), з шириною діапазону витрат від 1:20 до 1: 250 [2].

Лічильники газу роторні GMS призначені для вимірювання об'єму природного газу та інших неагресивних газів щільністю не менше 0,67 кг / куб.м [29].

Лічильники GMS використовують в газовій, газопереробної та інших сферах промисловості та комунального господарства для комерційного і технологічного обліку газу [29].



Рисунок 1.6 – Роторний лічильник газу типу GMS [29]

Роторні лічильники газу ТЕМП

Лічильники газу ТЕМП призначені для вимірювання об'єму природного газу, фізико-хімічні параметри якого повинні відповідати ГОСТ 5542-87, при проведенні обліку, в т.ч. комерційного, на об'єктах газоспоживання.

Лічильники ТЕМП придатні для роботи з коректорами і можуть застосовуватись в системах контролю, регулювання та керування виробничими процесами завдяки наявності генератора імпульсів низької частоти (типу "контакт з нульовим потенціалом", комутована напруга постійного струму не більше 15 В, комутований струм не більше 120мА) [11].



Рисунок 1.7 – Роторний лічильник газу ТЕМП [11]

Турбінні прилади обробки сигналу, які масово використовуються в технології виробництва, вимірюють безперервно і точно кількість рідини (або пари чи газу), що протікає в закритому трубопроводі, який знаходиться під

тиском, називаються турбінними лічильниками. Класу лічильників – тахометричні. Основною ознакою цих лічильників є обертання чутливого елемента (перетворювача) під дією рушійного моменту, який створюється потоком.

Дані лічильники використовуються для виміру потоку рідин широких меж в'язкості, вони калібрують їх відповідно в'язкості. Діапазон виміру поширюється на вимірювання повної кількості рідини, яка протікає по даному поперечному перерізу. Витратоміри виготовляють з підшипниками ковзання. Сплав підшипників – тефлон, завдяки цьому, їх можна застосовувати для роботи з речовиною, яка здійснює сильний агресивний вплив. Даний тип лічильників можна використовувати у вибухонебезпечному середовищі, бо вони мають іскробезпечне виконання [22].

Приклади лічильників даного типу:

Комплекс вимірювальний турбінний КВТ-1

Комплекси вимірювальні турбінні КВТ-1 призначені для вимірювання об'єму наступних середовищ: природного газу, фізико-хімічні показники якого відповідають ГОСТ 5542-87, і технічних газів - азот, вуглекислий газ, аргон, повітря, з урахуванням вимірюваних значень абсолютного тиску і температури газу і вимірюваних значень температури газу [2].

Комплекси мають маркування вибухозахисту «ІExіbІІАТ4 Х» і можуть встановлюватися у вибухонебезпечних зонах [2].



Рисунок 1.8 – Комплекс вимірювальний турбінний КВТ-1 [2]

Турбінні витратоміри ЛГ-К-Ех використовують для вимірювання

кількості газу, що протікає в трубопроводі при тиску і температурі, які діють в даний момент. Їх застосовують для комерційного, а також технологічного обліку газу [2].

Лічильники мають високочастотний сигнал, який використовується при повірці лічильників та вихідний низькочастотний сигнал для роботи з електронними коректорами об'єму газу. Дані витратоміри газу – вибухозахищені. Їхнє маркування вибухозахисту 1ExibIIBT3 X [2].



Рисунок 1.9 – Турбінні лічильники газу ЛГ-K-Ex [2]

Ультразвукові лічильники газу - активно застосовуються у вузлах обліку газу на комунальних підприємствах, промислових об'єктах і не тільки. Встановлюються в системі газопроводів після фільтра газу і приладів, які контролюють вхідний тиск газу [2].

Ультразвук, що пускають по ходу руху газу, і ультразвук, що пускають проти ходу потоку газу, мають різницю швидкості руху, яка пропорційна швидкості руху газу. Порівнюючи їх, отримують швидкість потоку і, відповідно, витрату і об'єм газу, що пройшов. Також в прилад вбудовується температурний датчик для приведення вимірюваного середовища до стандартних умов за ГОСТ 2939-63. Деякі прилади можуть містити енергонезалежну пам'ять і дозволяють зберігати дані про витрати за кілька місяців [2].

Перед і після ультразвукового лічильника встановлюються прямі ділянки заводського виготовлення. Прямі ділянки призначені для вирівнювання потоку газу «до і за» ультразвуковим лічильником [2].

Лічильники газу ультразвукові «КУРС-01» призначені для вимірювання об'єму природного газу за ГОСТ 5542 щільністю при стандартних умовах від 0,67 до 1,0 кг / м³ та інших неагресивних газів щільністю при стандартних умовах не менше 0,4 кг / м³, що протікають по трубопроводах круглого перетину [2].



Рисунок 1.10 – Ультразвуковий лічильник газу «КУРС-01» [2]

Найбільше використовують лічильники роторного та мембранного типів.

Роторні лічильники на практиці зарекомендували себе не з найкращого боку, оскільки мають похибки вимірювання в процесі експлуатації (причому не завжди на користь споживача). Ще одним недоліком є їх висока чутливість до забруднень і домішок, які можуть бути в газі, внаслідок чого може значно підвищитися їх рівень шуму. Але найбільшим їх недоліком є високий ступінь вибухо- і пожежонебезпеки. Газ знаходиться безпосередньо за склом, яке захищає лічильний механізм, і найменше його пошкодження може призвести до витoku газу, що згодом може викликати вибух і пожежу [3].

«Репутація» мембранних лічильників, навпаки, практично бездоганна. За роки експлуатації вони зарекомендували себе як надійні, точні і досить довговічні прилади. Обсяг газу, що вимірюється, перебуває тут у герметичній камері, і не контактує з елементами пристрою. Саме це істотно збільшує безпеку застосування приладу і його довговічність. Ще однією перевагою можна вважати, те, що він достатньо не сприйнятливий до забрудненого газу. Слід зазначити, що засоби обліку цього виду можна встановлювати на вулиці, без жодних зайвих комунікацій. У випадку з роторними лічильниками слід

встановлювати додатковий патрубок, який буде служити для збору конденсату [3].

1.3 Аналіз нормативних документів для метрологічних досліджень побутових лічильників газу

Згідно з діючими нормативними документами, випробування лічильника необхідно проводити на заводі шляхом перевірки метрологічних і технічних характеристик [3, 4]. Ці документи визначають методи та засоби калібрування приладу під час виробництва, після технічного обслуговування та під час експлуатації [5].

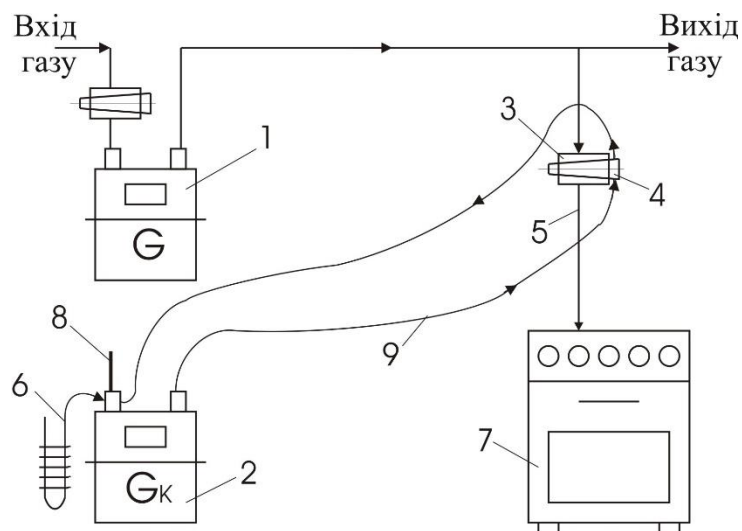
Інтервал взаємного калібрування PLG становить 5 років, але відповідно до спільного наказу Національного комітету технічного регулювання та споживчої політики України, Мінпромполітики України, НАК «Нафтогаз України» від 5 жовтня 2004 р. - взаємна термін повірки вітчизняних мембранних лічильників газу 8 років.

Допустима межа відносної похибки еталонного пристрою повинна бути щонайменше втричі вужчою за межу допустимої відносної похибки лічильника в межах відповідного діапазону витрат. Робоче середовище для калібрування - повітря з температурою від 18°C до 22°C (дорівнює температурі навколишнього середовища) [5].

Використовуючи повітря як робоче середовище, визначте відносну похибку приладу відповідно до вимог: Q_{min} , $3Q_{min}$ ($2Q_{min}$), $0,1Q_{max}$, $0,2Q_{max}$, $0,4Q_{max}$, $0,7Q_{max}$, Q_{max} . Також були перевірені основні вимірювальні та технічні характеристики PLG та визначена відносна похибка за рахунок Q_{min} , $0,2Q_{max}$ та Q_{max} Робочим середовищем дослідження PLG було повітря.

З 2020 року в Україні запроваджено національний стандарт [11], який також передбачає, що метрологічні характеристики приладу визначаються шляхом його випробування з використанням повітря як робочого середовища, але це не відображає можливості перевірки його метрологічних характеристик на природному газі.

Для дослідження метрологічних властивостей ПЛГ можуть бути використані такі еталонні прилади: розтруб, трубопоршневий пристрій, пристрій з використанням критичного сопла, прилад з еталонним калібром. Слід зазначити, що в Україні, згідно з чинними нормативними актами, дослідження метрологічних властивостей ПЛГ мають проводитися з використанням лише повітря як робочого середовища. Це, у свою чергу, вимагає розбирання та транспортування PLG до місця розташування калібрувального блоку. Іншим недоліком цього метрологічного дослідження є те, що через чудові фізико-хімічні властивості повітря та природного газу точність вимірювань ПЛГ при роботі на природному газі може відрізнятися від даних, отриманих при дослідженнях повітря. Незважаючи на відсутність в Україні нормативно-правових актів з технічної діагностики ПЛГ, методи швидкого контролю ПЛГ стали практичними. Схема проведення експрес-контролю ПЛГ (рис. 1.11) Це досягається послідовним підключенням спеціального з'єднувального шланга 9 до контрольного приладу 2 досліджуваного ПЛГ 1 через клапан 3 перед газоспоживаючим пристроєм 7. На вході контрольного манометра 2 контролюють манометр 6 і ПЛГ шляхом порівняння виміряного об'єму природного газу [28].



1 – ПЛГ; 2 – контрольний лічильник; 3 – кран перед газоспоживним приладом; 4 – інвентарна пробка; 5 – газопровід до газоспоживного приладу; 6 - манометр; 7 – газоспоживний прилад; 8 - термометр; 9 – з'єднувальний рукав.

Рисунок 1.11 – Схема проведення експрес-контролю ПЛГ [28]

Процедура швидкого контролю також включає визначення відносного відхилення результатів вимірювань для контрольного об'єму газу при витратах $2Q_{\min}$ і $0,1Q_{\max}$, до 40 дм^3 при витратах $2Q_{\min}$ і $0,1Q_{\max}$ при витратах від 50 до 150 дм^3 . можливість подальшої експлуатації PLG. Однак юридично ця операція не може бути використана для перевірки PLG, оскільки контрольно-вимірювальні прилади мають бути сертифіковані для обліку газу, що наразі в Україні не проводиться через відсутність еталонних установок, що використовують природний газ. ІФНТУНГ розробила портативний прилад для безрозбірної діагностики ПЛГ у сфері експлуатації [6]. Агрегат оснащений пальниками різної потужності, з окремими кранами для регулювання подачі газу. Це дає можливість розширити операційну сферу витрат. Пристрій реалізовано на основі контрольного лічильника мембрани типу GALLUS-200, G4, з діапазоном витрат $(0,04 \dots 6) \text{ м}^3/\text{год}$ і межею допустимої похибки $\pm 3\%$.

Діагностика за допомогою наведеної вище інсталяції загалом схожа на сценарій на рисунку 1.11. Різниця полягає в тому, що газ спалюється не в газоспоживаючому обладнанні, а в пальнику, який комплектує обладнання.

Кожен із цих методів визначення метрологічних характеристик ПЛГ призначений для перевірки відповідності метрологічних характеристик лічильника його прохідному значенню. Однак різниця полягає в юридичній силі результатів перевірки. Тому калібрування (первинні, періодичні та спеціальні) є юридично дійсними, діагностика, швидкий контроль і безпосередня перевірка метрологічних характеристик можуть передбачати обмежені витрати на експлуатацію приладу або обмежену кількість контрольованих характеристик, які можуть бути надзвичайною повіркою.

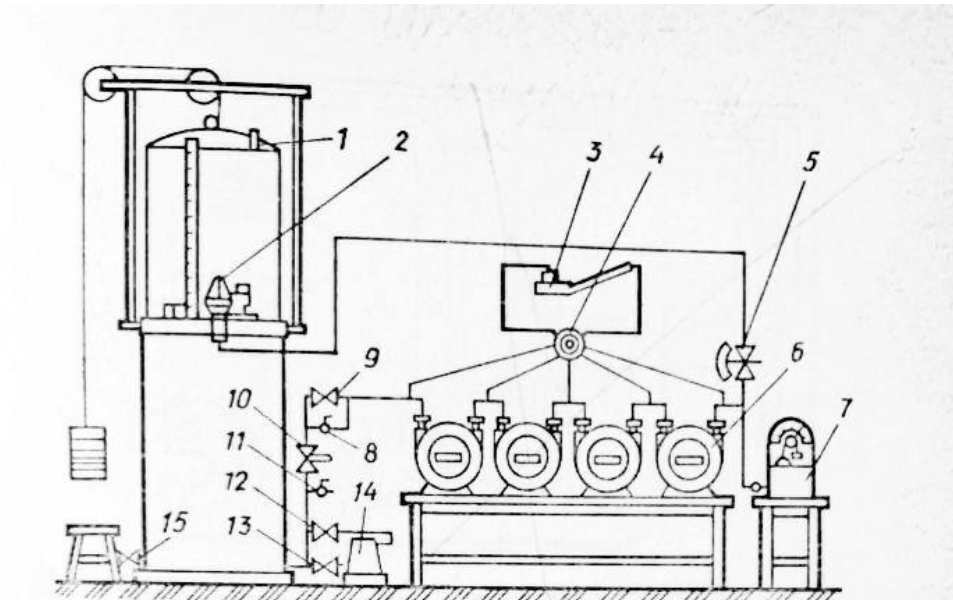
Тому найбільш практичним застосуванням є перевірка ПЛГ за допомогою дзвонової установки. Це свідчить про необхідність розробки нових конструкцій і вдосконалення різних компонентів [23, 30].

2.АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

2.1 Дзвоніві установки

Перевірка лічильників за допомогою дзвонівих установок. Похибка показань лічильника визначають методом безпосереднього звіряння показань зразкової установки і лічильника, що повіряється при пропуску повітря з установки через повірюваний лічильник. Тривалість вимірювань на витратах газу, що перевіряється, повинна бути не менше 1,5 хв. Пропущений обсяг повітря повинен становити не менше 25% номінального обсягу дзвона про різцеву установку. При цьому надлишковий тиск P_a (мм вод. ст.) у мірнику установки має бути: для барабанних лічильників 392 ± 50 (40 ± 5); для побутових $392, 589, 785 \pm 50$ ($40, 60, 80 \pm 5$); для ротаційних - не менше 4400...4900 ($450 \dots 500$) [28].

Для перевірки газових лічильників, як правило, використовують установки з дзвонівим газовим мірником (рис. 2.1). Мірник є перевернутий вгору дном посудину дзвін, опущений нижньою частиною в іншу посудину, заповнену водою. Під дзвоном знаходиться повітря під тиском, що визначається масою дзвона та вантажу, що діє на нього. Дзвін має отвір, через який може поєднуватися з атмосферою або по шлангу з лічильником, що перевіряється. У міру занурення дзвону повітря з нього починає виходити шлангом та проходити через лічильник. Глибина занурення дзвона і обсяг повітря, що вийшов з-під нього, показуються на шкалі. Порівнюючи отримані результати із показаннями лічильника, визначають його похибку [28].



1 – дзвін мірника; 2 – клапан автоматичного зупину; 3 – мікроманометр; 4 – перемикач мікроманометра; 5 - регулювальний кран; 6 - газовий рахунок чік, що повіряється; 7 – показчик витрати; 8 – обхідний кран; 9 – прохідний кран; 10 – кран для приймання повітря із приміщення; 11 – кран для приєднання манометра; 12 - приймальний кран; 13-пробка; 14 – компресор; 15 – кран для зливу води з мірника

Рисунок 2.1. – Схема установки для перевірки газових лічильників [28]

При перевірці особливу увагу необхідно звернути на рівень води у нижній посудині, вона має бути постійною. Перевірку побутових лічильників проводять як індивідуально, і партіями до 6 прим. з вимірюваною витратою 10...24 м³/годину. Барабанні та ротаційні лічильники повіряють лише індивідуально.

Перевірку лічильників здійснюють при витраті газу, % від номінального: побутових (5, 10, 50, 100) ± 3; ротаційних (10, 50, 100) ± 3; бари банних (5, 10, 25, 50, 100) ± 3.

Перед визначенням похибки при першому перевірочному витраті лічильник продувають повітрям обсягом щонайменше сумарного вимірювального обсягу, розміщеного на стенді лічильників. Встановлюють шкалу мірника таким чином, щоб показчик знаходився біля числової позначки, яка приймається за нульову. Свідчення та виміри, що знімають, заносять у протокол. Потім проводять перевірку при витраті, встановленому для кожного

типу лічильників.

Відносна похибка показників лічильника δ , %:

$$\delta = \frac{(V - V_1)100}{V_1}, \quad (2.1)$$

де V – об'єм повітря, знятий з повірочного лічильника, м^3 ; V_1 – об'єм повітря, знятий з зразкового засобу, м^3 .

Значення падіння тиску визначають мікроманометр типу ММН або тягонапорометр одночасно з визначенням похибки лічильника. При перевірці побутових лічильників партіями можна визначити падіння тиску тільки мікроманометром. У цьому випадку зразкові установки мають бути забезпечені багатоточковими перемикачами тиску. Допустимі втрати тиску при номінальній витраті повинні перевищувати Па (мм вод. ст.): для побутових лічильників 107(11); для барабанних 78,4(8); для ротаційних 294 (30).

2.2 Установки на базі ємності високого тиску

Принципова схема і метрологічні характеристики установок з ємністю під тиском

Коли блок управління відкриває електромагнітний клапан 1 (рис. 2.2) за сигналом з контрольної панелі і повітря високого тиску наповнює калібрувальний бак 2. При досягненні заданого тиску в баку встановлюють контактний манометр 4, на який надходить електричний сигнал в блок управління. Цей сигнал одночасно відкриває електромагнітний клапан 7, закриває клапан 1 і включає таймер 13, запускаючи процес витoku газу з резервуара через випробувальний пристрій (ДП) 11. Після досягнення тиску в баку p_2 блок управління. В результаті клапан 7 закривається, а таймер 13 закривається, реєструючи час спорожнення бака. На цьому цикл тестування завершується.

Регулювання електричного контактного манометра здійснюється на еталонному манометрі 12. Тиск перед ДП регулюється редуктором тиску 6 за допомогою еталонного манометра 8, встановленого на проміжному баку 9. Давачами для вимірювання температури в каліброваній ємності і перед ДП

служать термопары 3 і 10.

Витрата газу через ДП визначається за формулою [23]:

$$G = \frac{V}{R\tau} \left(\frac{p_1}{K_1 T_1} - \frac{p_2}{K_2 T_2} \right), \quad (2.2)$$

де G – витрата газу, кг/год; V – об'єм каліброваної ємності, м³; R – питома газова стала, Дж/кг·град; T_1, T_2 – початкова і кінцева температури в ємності, відповідно, К; K_1, K_2 – коефіцієнти стисливості робочого середовища при початковому і кінцевому значеннях тиску; τ – час, за який тиск в ємності знизиться від p_1 до p_2 .

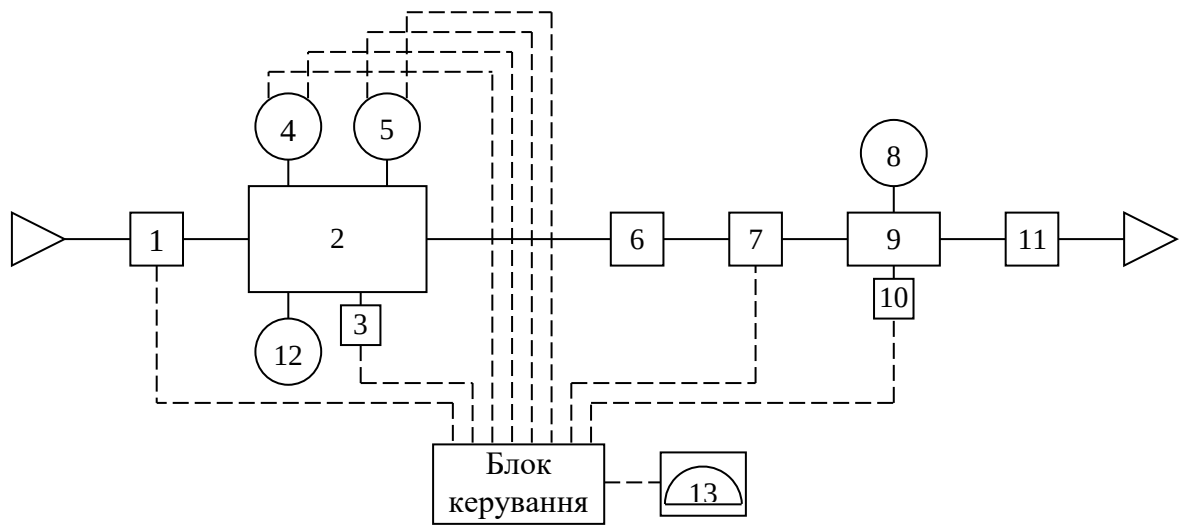


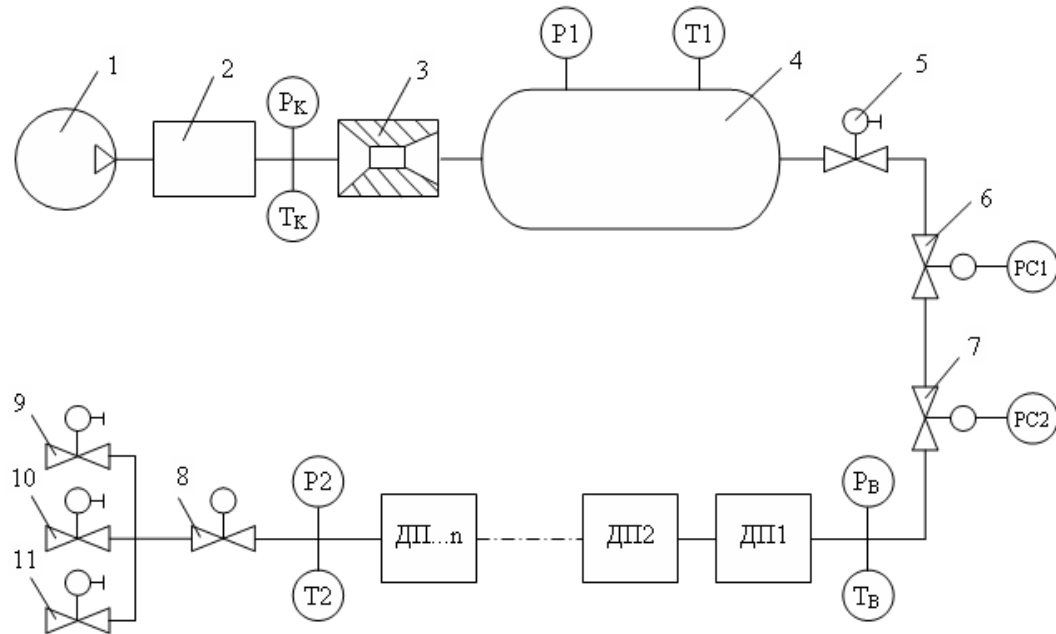
Рисунок 2.2 – Принципова схема установки PVTt-типу [28]

Технічні і метрологічні характеристики установки є такими [22]:

- діапазон відтворюваних витрат – $G=600$ кг/год;
- робоче середовище – повітря;
- границя допустимої похибки – $\pm 1\%$;
- значення робочих тисків:
 - в каліброваній ємності (максимальний) – 18МПа;
 - після першої ступені редуктора – 5 МПа;
 - після другої ступені редуктора – 1,5 МПа.
- об'єм каліброваної ємності – 0,05 м³;
- застосування – для градуювання дросельних елементів;
- місце впровадження – ВО «Київпромарматура» (м.Київ).

Удосконалення конструкції робочих еталонів на базі установок з ємністю під тиском

Структурна схема удосконаленої конструкції РЕ, який реалізує патенто захищений автором спосіб калібрування (градування) та повірки витратомірів і лічильників газу [23], на підставі викладених результатів моделювання зображених на рисунку 2.3.



1 – компресор; 2 – стабілізатор роботи; 3 – критичне сопло; 4 – ємність високого тиску; 5 – ручний вентиль; 6, 7 – виконавчі механізми регуляторів високого і низького тиску; 8 – запірний клапан; 9,10,11 – задавачі витрати; PC1, PC2 – регулятори високого і низького тиску; P1, P2, PK, PB – давачі тиску; T1, T2, TK, TB – давачі температури; ДП1, ДП2 ... ДПn – досліджувані прилади (1,2 ... n-ий).

Рисунок 2.3 – Структурна схема РЕ на базі установки з ємністю під тиском з необмеженою тривалістю вимірювального циклу [28]

Під час роботи ПЕ спочатку наповніть бак для калібрувального газу 4 повітрям або робочим газом до потрібного тиску. Потім вимірюють абсолютний тиск p_{11} і температуру T_{11} і обчислюють FS газу Z_{11} за параметрами, що характеризують умови роботи резервуара до витікання газу з резервуара. Далі встановлюється режим роботи пристрою, наприклад, шляхом

зниження тиску всередині бака для відтворення контрольованого обсягу газу. Мінімальне значення $p_K \min$ потім розраховується за алгоритмом (2.12) для умов роботи ДП, значень абсолютного тиску p_V і витрати q абсолютного тиску p_K стабілізатора 2 тиску на вході, де досліджують тривалість буде дорівнювати мінімально допустимому значенню період вимірювання $\Delta t_{\min}$ і потужність. Значення тиску буде знижено до мінімально допустимого значення протягом 12 хв. Потім встановлюється режим роботи стабілізатора 2 відповідно до умови $p_K > p_K \min$ включається подача повітря або робочого газу в зону випробування одного або кількох ДП [28].

Через проміжок часу $\Delta t = \Delta t_{\min}$, що відповідає заданій мінімальній тривалості потоку газу через регулятори тиску 6, 7 і випробувальні прилади DP1 ... DPn, знову вимірюють абсолютний тиск P12 і температуру T12 бензобака. і налаштувати ці значення параметра FS. При цьому за час, коли газ проходить через зону випробування, вимірюються абсолютний тиск p_K , p_V і значення температури TC і TV перед критичним витратоміром і на BF відповідно. FS ZV є розрахунком Стан BF. Далі, використовуючи алгоритм (2.2), обчислюють значення відтворюваного потоку q через DP. При калібруванні (калібруванні) витратоміра значення витрати визначається за коефіцієнтом перерахунку витратоміра, а розрахункове значення відтворюваного витрати газу порівнюється із сигналом витратоміра під час калібрування.

Під час перевірки та калібрування лічильника газу розраховану величину витрати q помножити на час вимірювання Δt , і отримане значення контрольної величини газу VU є основою для розрахунку коефіцієнта перетворення при калібруванні лічильника, MX метр під час перевірки. Після цього цикл дослідження повторюється аналогічним чином до досягнення мінімально допустимого значення тиску в резервуарі або зміни режиму роботи ПЕ, в результаті чого тиск у резервуарі підвищиться протягом циклу випробувань. В останньому випадку це досягається встановленням меншого значення відтворюваного потоку через DP при постійному значенні тиску p_K або збільшенням тиску p_K на DP при постійному відтворюваному витраті.

Алгоритм (2.2) також використовується для розрахунку вартості. Після заповнення бака до максимального робочого тиску p_{max} режим роботи ПЕ можна змінити аналогічно режиму перепаду тиску в баку. Вимірювання відтворюваних витрат можна проводити за допомогою критичного витратоміра з постійними параметрами газу в резервуарі, що можна розглядати як частину роботи запропонованого способу [23]. У цьому випадку режим дослідження відповідатиме відомим методам дослідження засобів вимірювальної техніки, за допомогою Європейського Союзу, на основі критичних витратомірів. Окремим напрямком удосконалення РЕ на базі агрегатів з напірною здатністю є обладнання магістральних газопроводів для резервуарів з осушувачами газу та використання необхідних взаємозв'язків у погодженні з відповідним обладнанням для ПЕ, що дозволяє контролювати згідно з [25] і миттєво.

Це можна вирішити шляхом впровадження контрольно-вимірювальних пристроїв у вигляді єдиного інтегрованого пристрою - персонального комп'ютера зі стандартизованими датчиками - і запропонованого співвідношення між ними для координації дій [25]. При цьому додаткове обладнання (у тому числі регулюючі датчики) підключається до резервуара та ДП через датчики контрольованих параметрів, а до регуляторів потоку та запірної арматури – через виконавчі механізми. В результаті можна керувати ініціюванням і надходженням газу з резервуара до ДП при заданому тиску перед ним, що підвищує продуктивність процесу калібрування або калібрування. У той же час можна виконувати порівняльне отримання характеристик параметрів у режимі реального часу - потрібну кількість контрольних точок для кількох значень тиску, температури та вологості збираються та обробляються протягом певного періоду часу, тим самим зменшуючи обсяг регенерації та газ [25].

На основі теоретичних і експериментальних висновків РЕ типу PVTt були сформульовані наступні основні напрямки конструктивного вдосконалення [24]:

- Попередня підготовка робочого середовища, така як додаткове просушування та видалення механічних домішок;

- Розробка структурних удосконалень РЕ для стабілізації термогазодинамічних параметрів, особливо для усунення градієнтів температури всередині резервуара під час циклів підготовки та випробувань;
- Впровадження спеціального алгоритму роботи обладнання, що перекривається (клапанів, регуляторів) для скорочення тривалості перехідних процесів установки та коригування показань лічильників;
- використовувати малоінерційні датчики тиску та температури та враховувати їх похибки в динамічних режимах роботи;
- Використання природного газу як робочого середовища агрегату, що забезпечить більш точні та надійні вимірювання газового лічильника МХ порівняно з їх дослідженнями на повітрі;
- Технологія виключає додаткові помилки через конденсацію водяної пари в агрегатах та обладнанні агрегату.

З метою практичної реалізації одного із вищезгаданих напрямків удосконалення конструкції, зокрема для усунення температурних перепадів у резервуарі, рекомендується обладнати магістраль газопостачання осьовим крутильним потоком для забезпечення гвинтового руху частинок робочого середовища [26]. У той же час у газопроводі в місці з'єднання магістралі з резервуаром для стисненого газу розміщений блок скручування потоку, що дозволяє газу змішуватися безпосередньо в баку.

За рахунок цих факторів зменшується тривалість процесу стабілізації температури в резервуарі і підвищується продуктивність калібрування та калібрувальних робіт. Крім того, розміщення пристрою для скручування потоку в газопроводі, а не в резервуарі для стисненого газу [27], збільшує його корисний об'єм, тим самим розширюючи діапазон відтворюваних об'ємів ПЕ та споживання газу. Крім того, відсутність потужності вентилятора [27] виключає додаткове тепловідведення від двигуна, що також скорочує тривалість процесу стабілізації температури всередині бака та підвищує продуктивність РЕ-калібрування та калібрувальних робіт. Цей тип РЕ простий за конструкцією, надійний в експлуатації та гнучкий у застосуванні. Однак їх основним недоліком є вплив робочої частоти та зміни тиску в баку на стабільність

повторюваної вартості.

Конструктивні особливості практичної реалізації цього РЕ [26] показані на рисунку 2.3.

Моделювання стандартних фізичних процесів роботи на основі пристроїв, що працюють під тиском

Цей тип РЕ простий за конструкцією, надійний в експлуатації та гнучкий у застосуванні. Однак їх основним недоліком є вплив робочої частоти та зміни тиску в баку на стабільність повторюваної вартості.

Хоча використання регуляторів тиску та витрати газу певною мірою усуває останній фактор, через великий перепад тиску в резервуарі і перед тим, як алгоритм ДП для цього типу РЕ потребує вдосконалення попереднім математичним моделюванням.

Теоретично існують відомі алгоритми роботи посудини під тиском (типу PVTt), які передбачають витік газу з резервуара через тестову зону з вбудованим ДП та вимірювання тиску та температури в баку. Газ витікає з резервуара протягом певного часу, підтримуючи час для відновлення початкової температури газу в резервуарі та заповнення резервуара до початкового тиску [28, 29], що ускладнює реалізацію алгоритму тестування та його утримання займає багато часу.

Тому в [22] використаний алгоритм із змінними параметрами тиску і температури в ємності, який описується формулою:

$$q_m = \frac{V_0}{R\Delta t} \left(\frac{p_{11}}{T_{11} \cdot Z_{11}} - \frac{p_{12}}{T_{12} \cdot Z_{12}} \right), \quad (2.2)$$

де q_m – масова витрата газу; V_0 – об’єм каліброваної ємності; Δt – час протікання газу через ДП; p_{11}, T_{11}, Z_{11} і p_{12}, T_{12}, Z_{12} – тиск, температура і ФС газу в ємності на початку і в кінці витікання газу відповідно; R – питома газова стала робочого середовища.

Цей алгоритм забезпечує розрахунок масової витрати газу та потребує вдосконалення при вивченні засобів вимірювання об’єму та об’ємної витрати газу. При тестуванні необхідно враховувати зміни параметрів робочого середовища перед ДП. З цієї метою відповідно до основного рівняння стану

фактичного газу [30] для розрахунку витрати газу в зоні випробування перед доменною піччю використовується такий алгоритм:

$$q = \frac{V_0}{\Delta t} \left(\frac{p_{11}}{T_{11} \cdot Z_{11}} - \frac{p_{12}}{T_{12} \cdot Z_{12}} \right) \frac{T_B \cdot Z_B}{p_B}, \quad (2.3)$$

де q – об’ємна витрата газу на ДП;

p_B, T_B, Z_B – абсолютний тиск, температура і ФС газу у випробувальній ділянці перед ДП відповідно.

Далі використовуючи формулу (2.1) для визначення похибки лічильників газу за умови припущення стабільного значення відтворюваної витрати, тобто

$$V_E = q \cdot \Delta t, \quad (2.4)$$

на базі алгоритму (2.3) отримуємо такий вираз для розрахунку похибки досліджуваного лічильника:

$$\delta_L = \left(\frac{V_L \cdot p_B}{V_0 \cdot T_B \cdot Z_B \cdot K_{\Pi}} - 1 \right) \cdot 100, \% \quad , \quad (2.5)$$

де K_{Π} – коефіцієнт приведення, який розраховують за формулою

$$K_{\Pi} = \frac{p_{11}}{T_{11} \cdot Z_{11}} - \frac{p_{12}}{T_{12} \cdot Z_{12}}. \quad (2.6)$$

Для практичної реалізації алгоритмів (2.5) - (2.6) спочатку заповніть калібрувальний бак повітрям або робочим газом до потрібного тиску. Потім вимірюють абсолютний тиск і температуру, а ФС газу розраховують за параметрами, що характеризують умови роботи резервуара до витоку газу, тобто p_{11}, T_{11}, Z_{11} . Після цього ввімкнули подачу робочого газу на випробувальну ділянку і через проміжок часу Δt , що відповідає заданій тривалості витоку газу з резервуара на полігоні через стабілізатор тиску та ДП, знову виміряли абсолютний тиск p_{12} і температуру T_{12} газу в баку і відрегулювати значення ФС Z_{12} цих параметрів. Одночасно протягом цього періоду проміжку повітря або газу в зоні випробування вимірюють абсолютний тиск p_B і температуру T_B на доменній печі, обчислюють ФС Z_B за цих умов і записують показання доменного лічильника, що відповідають вимірюваному об’єму V_L .

Далі цикл продовжують до наведеного прикладу вище, але вже за наступний певний проміжок часу Δt або за інші проміжки часу $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$, до отримання необхідного числа контрольних точок вимірювання. Результатом цього є ряд значень температури і тиску, що характеризують параметри газу або повітря в ємності: $p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}$ і $T_{11}, T_{12}, \dots, T_{1n}$, а також ряд значень, що описують роботу досліджуваного приладу $p_{B1}, p_{B2}, \dots, p_{Bn}$ і $T_{B1}, T_{B2}, \dots, T_{Bn}$. Через проведення додаткових обчислень отримують значення ФС газу $Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1n}$ і $Z_{B1}, Z_{B2}, \dots, Z_{Bn}$ відповідно для умов ємності і для ДП за відповідні проміжки часу Δt_i .

Далі, використовуючи отримані дані, за формулою (2.5) можна розрахувати похибку лічильника при випробуваннях впродовж одного або декількох проміжків часу. При цьому витрату газу через ДП, при потребі можна або фіксувати або змінювати при кожному іншому проміжку часу Δt_i .

Алгоритм (2.3) передбачає, що параметри тиску та температури на доменній печі необхідно стабілізувати. Це досягається розміщенням стабілізаторів тиску та терморегулюючих пристроїв на випробувальному майданчику, роль яких полягає в стабілізації температури газу перед доменною піччю. Лічильники та витратоміри можна калібрувати, калібрувати та калібрувати в різних умовах експлуатації, змінюючи завдання регуляторів напруги та приладів регулювання температури. З огляду на те, що в якості робочого середовища може використовуватися будь-який газ, включаючи повітря, інертний або природний газ, можливість цього методу калібрування та перевірки стає ще більш важливою.

Крім того, описаний алгоритм калібрування та перевірки все ще характеризується недоліками, пов'язаними з частотою наповнення та спорожнення бака та обмеженою тривалістю циклу випробувань.

Тому з метою ліквідації цих недоліків автором запропоновано одночасно з витіканням газу із ємності здійснювати безперервне донаповнення його газом від додаткового джерела стисненого газу безпосередньо за допомогою стабілізатора вхідного тиску і витратоміра критичного витоку газу. При цьому

значення стабілізованого вхідного тиску визначають за робочими умовами ДП та витратою газу на ньому [23].

Тому для усунення цих недоліків автори пропонують використовувати регулятор на вході та витратомір безпосередньо для критичного витоку газу під час витоку резервуара, безперервно поповнюючи газ із додаткового джерела стисненого газу. Величина стабільного тиску на вході визначається умовами роботи ДП і витратою газу над ним [23].

$$M_B = \Delta M_P + M_K, \quad (2.7)$$

де M_B, M_K – маса газу, що перетекла через досліджуваний витратомір і критичний витратомір відповідно;

ΔM_P – зміна маси газу в ємності на початку і в кінці вимірювального циклу.

Здійснивши ділення кожного члена рівняння (2.7) на час Δt протікання газу через ДП отримуємо:

$$q_m = \frac{\Delta M_P}{\Delta t} + q_{mk}, \quad (2.8)$$

де q_m, q_{mk} – масова витрата газу через досліджуваний витратомір і критичний витратомір відповідно.

Використовуючи рівняння стану для реального газу, яке передбачає врахування в ньому ФС, запишемо вираз для визначення зміни маси газу в ємності за час Δt :

$$\Delta M_P = V_0 \cdot \rho_c \cdot \frac{T_c}{p_c} \cdot \left(\frac{p_{11}}{T_{11} \cdot Z_{11}} - \frac{p_{12}}{T_{12} \cdot Z_{12}} \right), \quad (2.9)$$

Витрату газу через критичне сопло визначають згідно формули [137]:

$$q_{mk} = \mu \cdot C_{KC} \cdot F \cdot \frac{p_{KC}}{\sqrt{R \cdot T_{KC}}}, \quad (2.10)$$

де μ – коефіцієнт витрати КС; F – площа отвору КС; C_{KC} – функція критичної витрати газу через КС; p_{KC}, T_{KC} – значення абсолютного тиску і абсолютної температури ізоентропічно загальмованого газу перед КС.

Для розрахунку витрати газу через ДП в ЄС з напірною пропускною здатністю в стаціонарних умовах роботи ми використовуємо закон збереження

маси газу, удосконалений алгоритм [25] щодо одиниці типу PVT, який можна виразити як:

Таким чином, система рівнянь (2.8) - (2.10) формує математичну модель [24] для розрахунку масового витрати газу через досліджуваний витратомір за фактичними значеннями інформаційних параметрів бака, КС і ДП. З рівняння (2.29) видно, що при реальній реалізації алгоритму калібрувальної одиниці тиск у баку можна підвищувати, знижувати або підтримувати постійним залежно від специфікації умов реалізації запропонованого способу. Це свідчить про його універсальність у різних комбінаціях інформаційних параметрів та режимів регенерації споживання газу. Зауважимо, що обов'язковою умовою реалізації запропонованого способу є підтримання необхідного співвідношення між абсолютними значеннями тиску перед критичним витратоміром і в резервуарі для забезпечення критичного режиму потоку через КС, що базується на властивостях фізично розрахованих робочий газ і температура.

При дослідженні об'ємних витратомірів і газолічильників значення масового витрати досліджуваної зони можна виразити як:

$$q_{mB} = q \cdot \rho_c \cdot \frac{T_c}{p_c} \cdot \frac{p_B}{T_B \cdot Z_B}, \quad (2.11)$$

де p_B, T_B, Z_B – тиск, температура і коефіцієнт стисливості газу у випробувальній ділянці перед ДП.

Спільний розв'язок рівнянь (2.8)-(2.11) дає можливість отримати таку модель для розрахунку об'ємної витрати газу на ДП:

$$q = \left[\frac{V_0}{\Delta t} \left(\frac{p_{11}}{T_{11} \cdot Z_{11}} - \frac{p_{12}}{T_{12} \cdot Z_{12}} \right) + \frac{\mu \cdot C_{СК} \cdot F}{\rho_c \cdot T_c} \cdot \frac{p_c \cdot p_{КС}}{\sqrt{R \cdot T_K}} \right] \cdot \frac{T_B \cdot Z_B}{p_B}. \quad (2.12)$$

При дослідженні лічильників газу значення відтворюваного контрольного об'єму газу розраховується шляхом множення правої частини рівняння (2.12) на час проходження газу через газовий лічильник.

У той же час вираз (2.12) може обчислити невідомі параметри стану для реалізації нового методу калібрування [23] при заданих значеннях інших параметрів. Це в основному передбачає визначення бажаного значення тиску $p_{КС}$ на вході за значенням робочих умов p_B, T_B, Z_B перед ДП і споживання газу

вище нього. Також є можливість регулювати діапазон зміни робочого тиску в баку при дотриманні умов для вибору бажаної тривалості циклу вимірювання.

Спосіб також підвищує продуктивність калібрувальних і калібрувальних операцій за рахунок виключення допоміжної технічної операції періодичного заповнення резервуара, оскільки запропонований спосіб може бути реалізований як при зниженні, так і при підвищенні тиску в резервуарі, що можна вивчати за допомогою чергування обладнання (найвища вартість), $0,5 q_{max}$, $0,2 q_{max}$, q_{min} (мінімальна вартість). Крім того, завдяки запропонованій можливості визначення об'ємного потоку газу через ДП за єдиною багатопараметричною формулою, можна розрахувати оптимальні параметри для практичної реалізації методів калібрування та калібрування приладів, наприклад, період вимірювання, що визначає тривалість.

2.3 Спосіб оперативного визначення похибки ПЛГ

Розроблений оперативний метод метрологічного перевіряння [24] може бути реалізованим як на повітрі, так і на реальному середовищі – природному газі, а при обробці інформації здійснюють побудову кусково-інтерполяційної залежності похибки лічильника газу від робочої витрати через нього. При цьому похибку на двох нормованих для перевірки метрологічних характеристик витратах, які відповідають мінімальній витраті і витраті, яка становить 20% від максимальної робочої, визначають експериментальним шляхом, а похибку за максимальної витрати лічильника газу розраховують шляхом зменшення значення похибки при витраті 20% від максимальної робочої на попередньо статистично встановлену різницю між цими похибками за даними періодичної повірки лічильників після їх міжповірочного терміну експлуатації з конкретизацією щодо типу, типорозміру і організації-виробника побутового лічильника газу.

Суть реалізації методу ілюструється рис. 2.4. На ньому наведена графічна ілюстрація деяких можливих метрологічних характеристик ПЛГ.

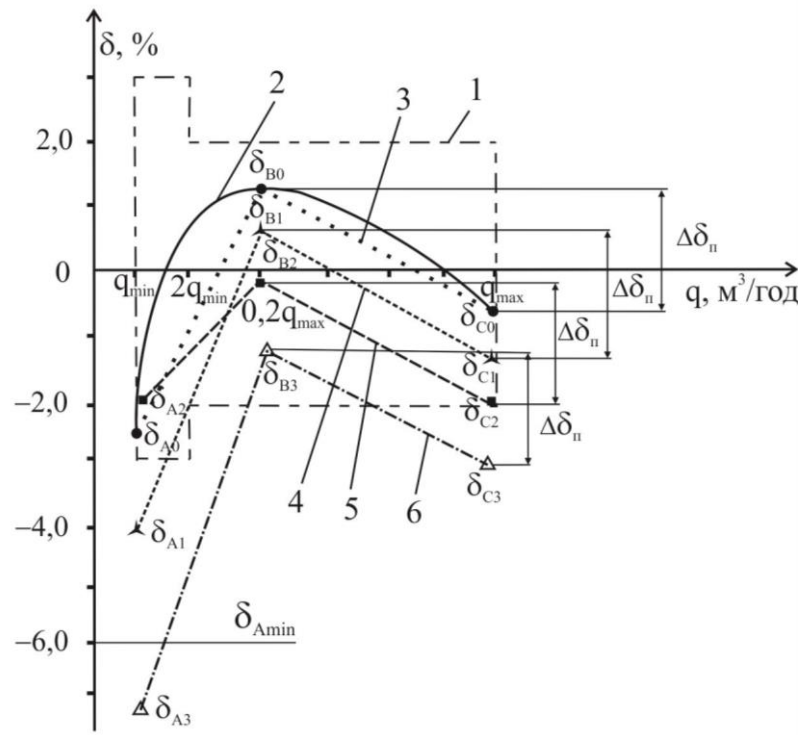


Рисунок 2.4 – Ілюстрація оперативного способу перевірки побутових лічильників газу [24]

Рис. 2.4 містить графічне позначення замкненою пунктирною лінією 1 зони допустимої зміни нормативної похибки ПЛГ при їх первинній повірці в організації-виробнику. Крива 2 (суцільна лінія) відображає приклад похибки окремого ПЛГ при випуску за результатами первинної перевірки в умовах організації виробника, яка проходить через точки δ_{A0} , δ_{B0} , δ_{C0} . Лінія 3 відображає кусково-інтерполяційну залежність похибки, відображеної кривою 2, яка також проходить через точки δ_{A0} , δ_{B0} , δ_{C0} . Лініями 4, 5, 6 відображені результати кусково-інтерполяційних залежностей перевірки інших ПЛГ. Зокрема, лінія 4 стосується графічної ілюстрації похибки ПЛГ, умовно позначеного №1, а лінії 5 і 6 – ПЛГ №2 і №3, відповідно. Точки δ_{A0} , δ_{B0} , δ_{C0} відображають приклад конкретних значень похибки окремого ПЛГ на витратах $q_{\min}$, $0,2q_{\max}$, $q_{\max}$, які отримані при його первинній повірці. Точки δ_{A1} , δ_{B1} , δ_{C1} (лінія 4), δ_{A2} , δ_{B2} , δ_{C2} (лінія 5), δ_{A3} , δ_{B3} , δ_{C3} (лінія 6) відповідають конкретним значенням похибок повірці досліджуваних лічильників, умовно позначених №1, 2 і 3, відповідно. Позначення похибки лінією, яка відображає значення похибки

δ_{Amin} , характеризує мінімально допустиму похибку при періодичній повірці ПЛГ, яка, в свою чергу, регламентується нормативними документами на повірку ПЛГ і на даний час в Україні прийнята рівною мінус 6% [5].

Початковою інформацією для реалізації запропонованого методу повірки ПЛГ є попереднє статистичне встановлення різниці між похибкою ПЛГ на витратах 20% від максимальної робочої і на максимальній робочій витраті. Для цього випадковим чином вибирають не менше тринадцяти ПЛГ, демонтованих із лінії газопостачання однакового типу, типорозміру і організації-виробника, які підлягають періодичній повірці після міжповірочного терміну експлуатації. Наприклад, такими ПЛГ можуть бути лічильники мембранного типу типорозміру G4 організації-виробника САМГАЗ (м. Рівне, Україна). Далі використовуючи еталонну повірочну установку згідно чинної в Україні методики повірки ПЛГ [5] експериментальним шляхом визначають похибку кожного лічильника на витратах q_{min} , $0,2q_{max}$, q_{max} . При цьому перед процесом статистичного встановлення різниці похибок на витратах $0,2q_{max}$, q_{max} перевіряють, щоб похибка на витраті q_{min} не перевищувала трикратної допустимої похибки, тобто мінус 18%. У випадку, якщо кількість ПЛГ з похибкою до мінус 18% на витраті q_{min} буде меншою від тринадцяти, то число досліджуваних ПЛГ збільшують до досягнення необхідної вибірки в кількості тринадцяти лічильників.

Після цього розраховують середні значення похибок за формулами [28]

$$\delta_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \delta_{Bi} \quad (2.13)$$

$$\delta_C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_{Ci} \quad (2.14)$$

де δ_B, δ_C – статистично розраховані середні значення похибок ПЛГ на витратах $0,2q_{max}$ і q_{max} відповідно.

δ_{Bi}, δ_{Ci} – експериментально визначені за допомогою еталонної установки похибки окремих i -тих ПЛГ із вибірки, яка характеризується кількістю N лічильників

Далі статистично встановлюють різницю між похибками на витраті $0,2q_{\max}$ і на максимальній витраті $q_{\max}$ за формулою

$$\Delta\delta_I = \delta_B - \delta_C \quad (2.15)$$

де $\Delta\delta_I$ – статистично встановлена при повірці різниця зміни похибки ПЛГ за витрат $0,2q_{\max}$ і $q_{\max}$.

Кількість лічильників ($N=13$), згідно теорії похибок при метрологічному аналізі вимірювань забезпечує досягнення достовірності результату з довірчою імовірністю 95%, яка є достатньою для більшості практичних вимірювань робочими засобами вимірювань, до яких відносяться побутові лічильники.

При необхідності з метою підвищення метрологічної точності реалізації запропонованого способу повірки ПЛГ здійснюють по більш детальній метрологічний аналіз визначення різниці $\Delta\delta_I$, при якому обчислюють інші метрологічні оцінки, наприклад середнє квадратичне відхилення, розмах, довірчу імовірність за результатами експериментальних досліджень похибки. Наприклад, за результатами опрацювання експериментальних даних статистичних досліджень мембранних ПЛГ типорозміру G4 організації-виробника САМГАЗ (м. Рівне, Україна) отримане значення зміни похибки $\Delta\delta_I$ становить $2,509 \pm 0,235\%$ при довірчій імовірності 95%.

Діапазон зміни значень похибки ПЛГ при їх повірці за трьома точками витрати $q_{\min}$, $0,2q_{\max}$, $q_{\max}$ повинен знаходитися в межах, які сформовані замкненою пунктирною лінією 1. Зміна значення похибки у зоні, окресленої лінією 1 на витраті $2q_{\min}$ є нормативно регламентованим значенням для ПЛГ і характеризує зростання діапазону допустимої похибки на витратах, менших від перехідної витрати, яка на кресленні позначена як $2q_{\min}$. З'єднання трьох значень похибок δ_A , δ_B , δ_C для конкретних лічильників двома ділянками прямих ліній дає можливість отримати, як приклад, кусково-інтерполяційні залежності лінійними поліномами похибки ПЛГ [24].

3.ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

3.1 Суть і призначення інформаційних метрологічних моделей побутових лічильників газу

Інформаційні моделі стосуються результатів обробки інформації при експериментальних дослідженнях, до яких відносяться обробка результатів експериментальних досліджень засобів вимірювань.

Метрологічні моделі за результатами експериментальних досліджень вивчають метрологічні характеристики: похибка, середнє значення похибки, середньо квадратичне відхилення похибки, середньо зважена похибка, гістограми розподілу параметрів і метрологічних характеристик, конкретні приклади моделей стосуються закономірностей зміни похибки.

Результати метрологічних досліджень ПЛГ в умовах експлуатації з залученням невеликої кількості або окремих приладів та отримання їх кривих похибок [6, 16]. Результати експериментального дослідження ПЛГ пов'язані з дослідженням обмеженої кількості лічильників (15 штук у трьох типорозмірах G4), отриманих на еталонній установці ПАТ «Івано-Франківськгаз». Узагальнено результати проведених досліджень з метою спроби моделювання метрологічних властивостей ПЛГ з метою встановлення закономірності зміни похибки ПЛГ. Результати показують, що існує невелика універсальна модель варіації помилок ПЛГ зі значними відмінностями між ними. Крім того, це підтверджує регулярність, з якою помилки зміщуються в негативну сторону за майже мінімальних витрат. Ці висновки є неповними, оскільки не відображають зміни похибки з урахуванням статистичних характеристик ПЛГ певного масштабу, наприклад, оцінок стандартного відхилення змін похибки.

Крім того, на даний момент не існує алгоритму, який порівнював би кількість лічильників з допустимою похибкою із загальною кількістю досліджуваних лічильників. Без визначення особливостей вибірки середнє арифметичне експериментально визначених статистичних помилок ПЛГ

недостатньо коректне за ціною. Наприклад, при визначенні середнього значення цієї похибки в мінус 15% для одної досліджуваної витрати може звести його до нуля, тоді як існуюча похибка плюс 1% коштує стільки ж для 15 лічильників. Тому арифметичні суми, які не обчислюють відносні кількості лічильників, характеризуються помилками і в багатьох випадках можуть бути невірними [7].

У цій публікації основна увага зосереджена на дослідженні моделі зміни середньої похибки за рахунок $q_{\min}$, $0,2q_{\max}$ і $q_{\max}$ для семи груп вимірювальних приладів G4, які працювали з 1992 по 1999 рік. Нижче наведено графічну схему зміни похибки, залежно від початку року експлуатації, це також показує, що похибка рухається в негативному напрямку зі збільшенням терміну служби, що більш виражено, коли вартість нижче $0,2q_{\max}$. Через недооцінку втрат природного газу в цій роботі розглядається економічна складова втрат природного газу, вказується кількісно виражена грошова оцінка втрат природного газу, але не наводиться метод розрахунку вартості втрат природного газу. Крім того, згідно з чинними польськими правилами, побутові лічильники електроенергії підлягають заміні після 15 років експлуатації. У зарубіжних публікаціях [8] досліджувався вплив методів, запроваджених різними кодексами, для оцінки картини зміни похибки мембранних вимірювачів.

Відмінність полягає у використанні приладів для різних типів робочих середовищ (повітря, природний газ), а також різних температурних режимів експлуатації (значення температури навколишнього середовища: мінус 25°C, 20°C, близько 55°C). Наведено ілюстрацію кривих похибки лічильника G4 за різних умов роботи. Однак у статті не розглядаються статистичні вимірювальні характеристики лічильника в умовах експлуатації. У контексті участі у Всеукраїнській науковій конференції було затверджено перше в Україні погодження в цій галузі досліджень схеми зміни експлуатаційної похибки розміру G4 для різних типів мембранних ПЛГ (GALLUS, METRIX, SAMGAS). 2017р. Технічна конференція. [9] Результати участі у семінарі International Metrology MSM 2017 (Польща) підтвердили актуальність дослідницьких

розробок у цій галузі [10].

Згідно з [11, 12], похибка ПЛГ визначається експериментально за трьох поточних витрат $q_{\min}$, $0,2q_{\max}$ та $q_{\max}$. При цьому лічильники поділяються за типорозміром, виробником і діапазоном відхилень. За основу формування вибірки вибирається прийнятий діапазон значень похибки, визначений на найменшій (мінімальній) робочій вартості лічильника $q_{\min}$. На основі останнього показника формується п'ять діапазонів похибок. Плюсова похибка при $q_{\min}$ коливається від 0 до +3% (діапазон 1), а від'ємна - від 0 до мінус 3% (діапазон 2), що відображає максимально допустиму початкову похибку ПЛГ (+3 %) на момент первинно перевірки, тобто після випуску виробником підприємства. Діапазон від'ємної похибки від мінус 3 до мінус 6% (діапазон 3) характеризує найбільш прийнятну зміну похибки ресурсу в умовах експлуатації [13, 14]. Україна відповідає діапазону від мінус 6% до +3% при періодичній перевірці.

Ця похибка відповідає випадку, коли ПЛГ відкалібрований і не втрачений. Дослідження також вибрало два інших від'ємних діапазони похибок, які були виявлені під час процесу калібрування, для ремонту лічильника. Це діапазон від'ємної похибки від мінус 6 до мінус 15% (діапазон 4) і діапазон від'ємної похибки від мінус 15 до мінус 30% (діапазон 5). Далі ми вибрали статистичну кількість лічильників одного розміру для конкретного виробника, чиї похибки будуть в межах п'яти описаних вище діапазонів. Тому було відібрано три компанії-виробники мембранних лічильників типорозмірів (Франція) GALLUS G4, (Польща) METRIX G4 та (Україна) SAMGAS G4. Графічна ілюстрація результатів таких досліджень наведена на рисунку 3.1 [15].

З результатів виходить, що зміни похибок характеризуються статистично подібними закономірностями, тобто добре спостерігається їх значне зменшення в діапазоні від $q_{\min}$ до $0,2q_{\max}$, і в рази менша зміна похибки в діапазоні від $0,2q_{\max}$ до $q_{\max}$. Ці закономірності не суперечать відомим закономірностям зміни похибок, нових і недіючих мембранних ПЛГ. Однак, досить несподівано, майже ідентична картина зміни похибки в діапазоні від $0,2q_{\max}$ до $q_{\max}$ значно відрізняється від шаблону зміни похибки ПЛГ в діапазоні від $q_{\min}$ до $0,2q_{\max}$.

Кількісна характеристика варіації похибки ПЛГ може бути заснована лише на статистичному аналізі вимірювальних приладів, які періодично калібруються щодо еталонного пристрою.

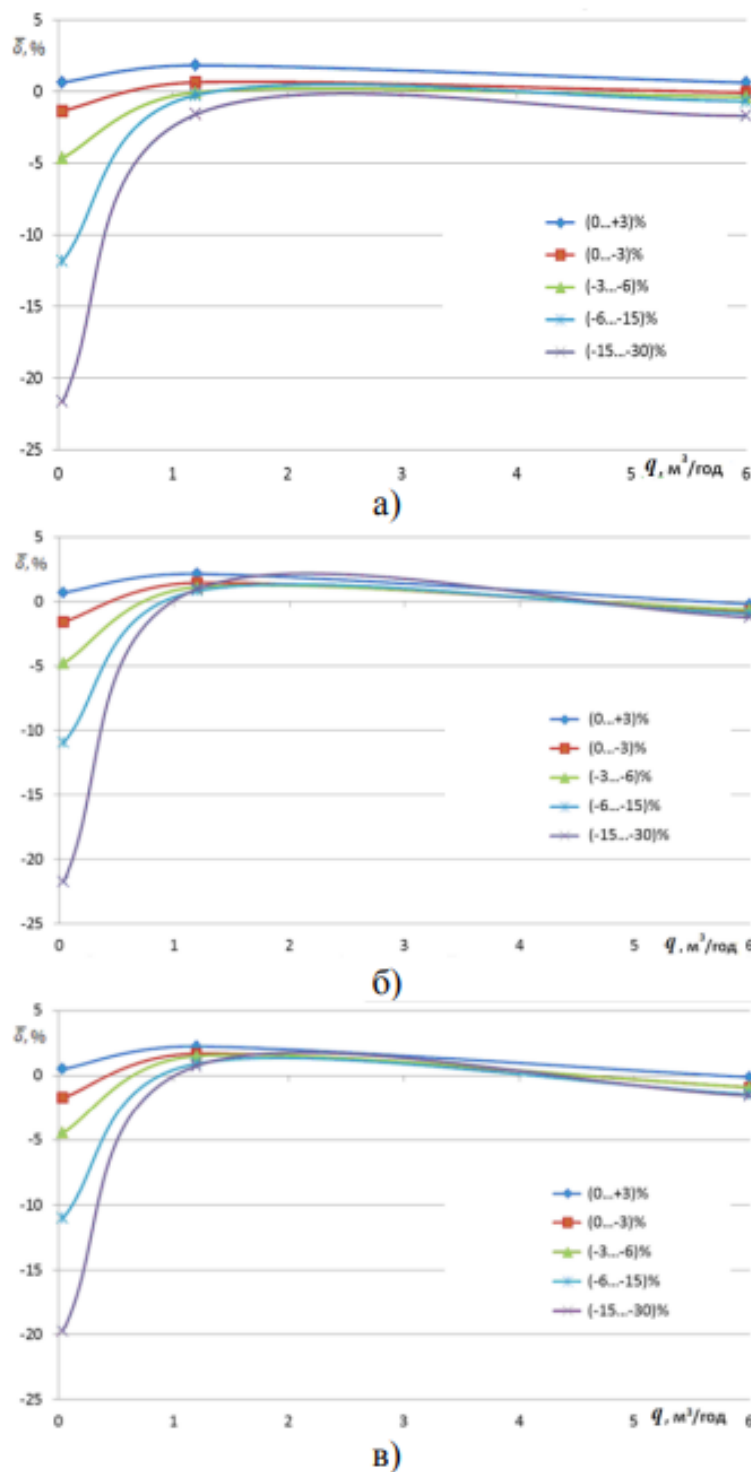


Рисунок 3.1 – Графічна ілюстрація зміни середнього значення похибки ПЛГ типорозміру G4 при п'яти різних її діапазонах на мінімальній витраті $q_{\min}$ для лічильників GALLUS (а), METRIX (б), SAMGAS (в) [15]

Крім того, за допомогою цього аналізу можна виявити похибки для різних ступенів роботи вузлів механізму лічильника: особливо для лічильників з мінімальною похибкою втрати, яка є додатньою; для лічильників з мінімальною похибкою втрати не більше мінус 15%, це характеризує середнє спрацювання ступеню ПЛГ для лічильників зі значним ступенем спрацювання (похибка в діапазоні від мінус 15 до мінус 30%). На основі цих закономірностей можна статистично оцінити доцільність ремонту лічильника або визначити умови, коли необхідно замінити справний лічильник [15].

3.2 Види інформаційних моделей

Ця інформаційна модель є порівняльним аналізом статистичних закономірностей зміни похибок польських моделей ПЛГ METRIX типорозміру G4 та G6, оскільки інші виробники не змогли сформувати необхідні бази даних. За основу для статистичних досліджень було обрано визначені типи (моделі) та типорозміри ПЛГ, 254 лічильники G4 і 479 G6, були повірені на еталонній дзвоновій установці ІФГАЗ-2 (ПАТ “Івано-Франківськгаз”, м. Івано-Франківськ), які і є статичним об’ємом вибірки. статистичний об’єм вибірки яких становив 254 лічильники G4 і 479 G6, які були повірені на еталонній дзвоновій установці ІФГАЗ-2 (ПАТ “Івано-Франківськгаз”, м. Івано-Франківськ). Під час дослідження лічильники були розділені на шість зразків, кожна з яких характеризувалася діапазоном похибки $d\delta = 1,5\%$, з мінімальною витратою в діапазоні від мінус 6% до плюс 3%, що загалом відповідає допустимому значенню похибки, тобто після перевірки допускаються до експлуатації. Із загальної статистичної вибірки умови, придатні для подальшої експлуатації, відповідають кількості лічильників G4-90,9%, G6-53,4% [17].

За найнижчих експлуатаційних витрат на малюнку 3.2 гістограма розподілу відповідних номерів лічильників може бути предметом дослідження в першу чергу виробниками. Вони показують, що відсоток відповідних лічильників G4 дещо схожий на асиметричний нормальний закон розподілу, і що тип закону розподілу лічильників G6 ближче до рівномірного, хоча

спостерігається локальне збільшення відсотка ПЛГ з похибкою $0 \dots +1,5\%$. Ці гістограми показують, що найбільший відсоток відповідних ПЛГ характеризується мінімальною додатньою похибкою споживання в діапазоні $0 \dots +1,5\%$, після періоду міжкалібрування ПЛГ, який багато вітчизняних вчених і виробників вважають гіпотетичним. Загалом, для визначення найнижчих експлуатаційних витрат похибку слід перемістити до від'ємної сторони [17].

На рисунку 3.3 подані криві, що ілюструють дане явище, але не ц всіх мембранних ПЛГ [17].

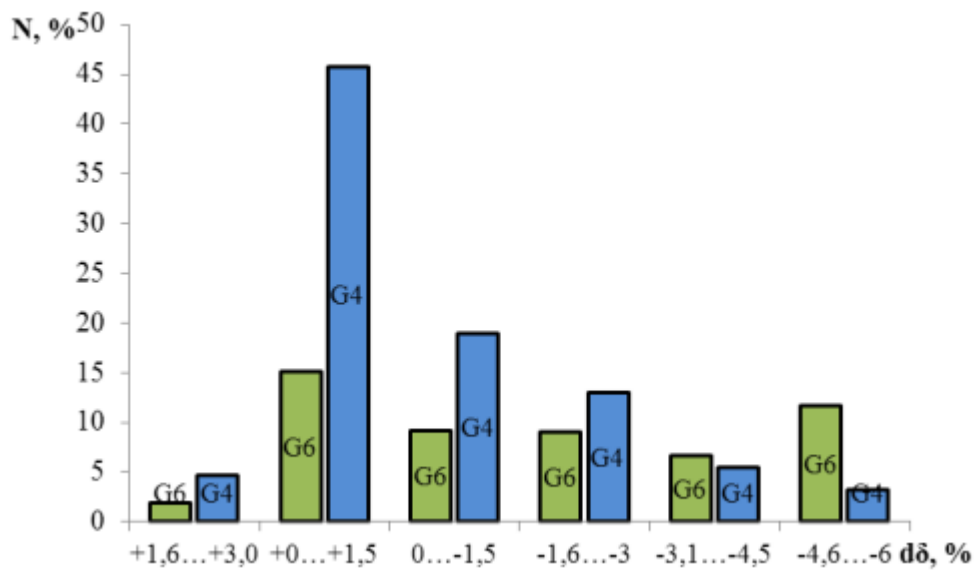


Рисунок 3.2 – Розподіл кількості придатних лічильників типорозмірів G4, G6 моделі METRIX від діапазону похибок при мінімальній витраті [17]

Порівняльний аналіз кривих похибок двох типорозмірів ПЛГ показано на рисунку 3.3. Профіль похибки умовно представлений не кусково-інтерполяційною залежністю, оскільки існує лише три експериментальних значення, а регресійною моделлю, яка використовує спеціальну поліноміальну залежність для представлення операційних витрат для всього діапазону дослідження, ступенів від мінус 2 до плюс 2 [18]. Графічна кореляція підтверджує майже той самий закон зміни похибки для відповідного ПЛГ із зазначенням двох стандартних типорозмірів: - зростання значень кривої похибки в діапазоні від $q_{\min}$ до $0,2q_{\max}$; - зменшення значення кривої похибки від $0,2q_{\max}$ до $0,2q_{\max}$ в діапазоні $q_{\max}$. Однак величина зміни похибки для першого діапазону витрат майже не залежить від величини зміни похибки для

другого діапазону витрат.

Як бачимо кількісна зміна похибки для другого діапазону витрати є досить стабільною для двох типорозмірів ПЛГ, і вона не перевищує 1,659 % і 2,329 % для G4 і G6 відповідно [15].

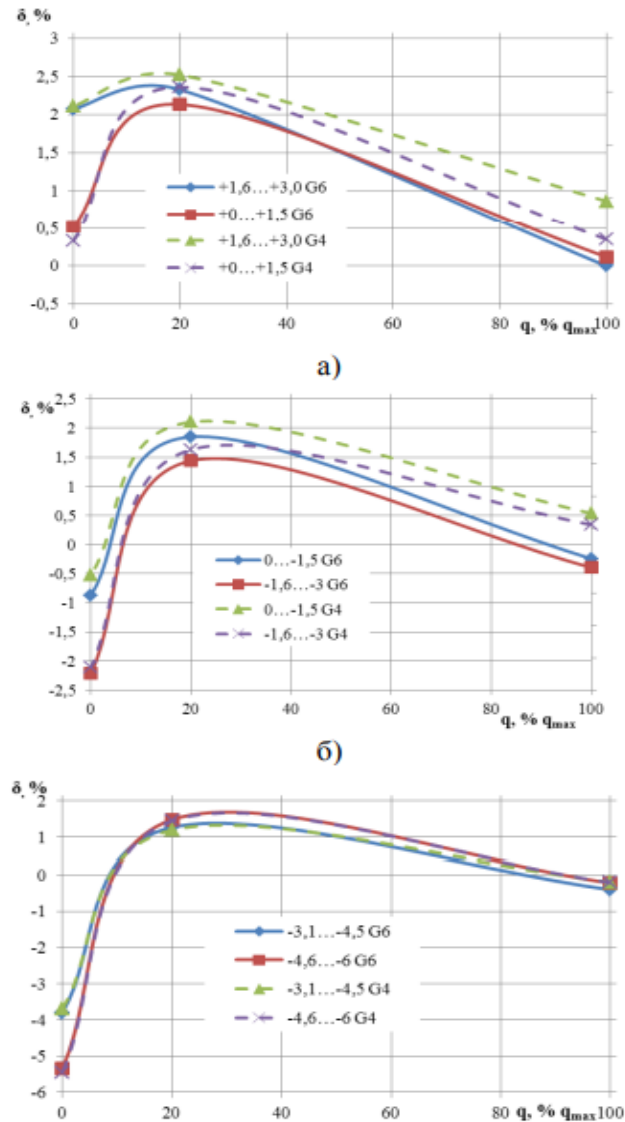


Рисунок 3.3 – Графічна ілюстрація закономірностей зміни похибки типорозмірів G4, G6 побутових ПЛГ моделі METRIX [15]

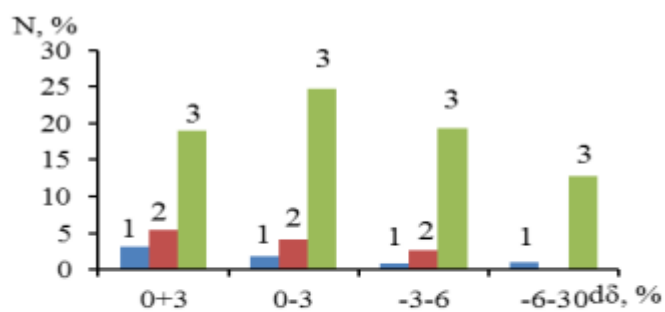
Інша інформаційна модель ПЛГ дозволяє вивчати вплив тривалості його роботи на зміну метрологічних властивостей, особливо на похибки. За основу статистичного дослідження було обрано трьох виробників вищезгаданих мембранних ПЛГ G4: GALLUS (Франція), METRIX (Польща), SAMGAS (Україна). Дослідженими критеріями є три діапазони років виробництва ПЛГ

[19]: 2004-2007 (перший діапазон), що приблизно відповідає тривалості терміну служби першої міжповірочної перевірки; 1999-2003 (другий діапазон), що включає подвійний термін служби міжповірного калібрування; 1990-1998 (3-й діапазон), відноситься до 3 - разового циклу міжповірочного калібрування, розмір статистичної вибірки становить 3582 лічильника, з яких 2216 – рік виробництва першого інтервалу, в тому числі 596 GALLUS, 250 METRIX, 1046 SAMGAS серед них 324 лічильника, де похибка більше мінус 30% або повністю несправна [19].

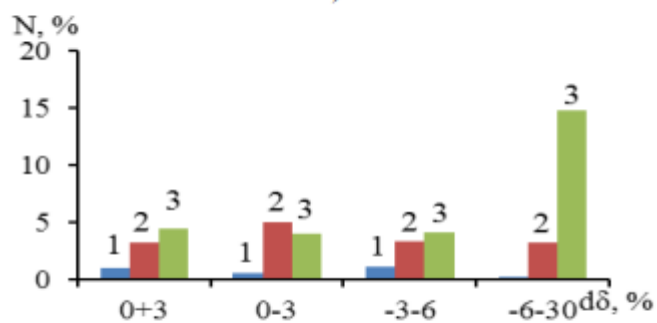
Для вимірювачів другого року виробництва ці цифри: 506, з них 207 GALLUS, 20 METRIX, 111 SAMGAS і 168 несправностей. Датчики третього діапазону випуску мають аналогічні дані: 763, з яких 579 GALLUS, 53 METRIX, 95 SAMGAZ і 36 несправні. Під час дослідження лічильники були розділені на чотири діапазони похибок з мінімальними експлуатаційними витратами $0...-3$, $0...+3$, $-3...-6$, $-6...-30$ [19]. Результати аналізу приладу показані на малюнку 6. Цифри 1, 2 і 3 над стовпцями гістограми представляють моделі ПЛГ METRIX, SMGAS, і GALLUS відповідно. Результати аналізу показують, що відповідна кількість робочих лічильників N , виражена у відсотках, залежить від терміну служби. Кількість лічильників з найбільшою похибкою, що відповідає пропуску, становить після першого між циклами міжповірки 56% для таких лічильників, як SAMGAS, 28% для METRIX та 30% для GALLUS [19].

Кількість лічильників, придатних для подальшої експлуатації (тобто в межах -6% похибки), становить 86% SAMGAS, 31% METRIX і 48% GALLUS. Решта лічильників потребують ремонту або заміни. Зауважте, що ми не враховували відсоток вимірювачів з похибкою більше -30% , вважається, що їх слід замінити новими (це число можна розрахувати за результатом стовпця балансу). Так само після двох періодів міжповірки кількість відповідних лічильників було зменшено до 11% для SAMGAS, 2,4% для METRIX і 12,3% для GALLUS. Після трьох періодів міжповірки відповідна частка лічильника становить 12% для SAMGAS, 5,8% для METRIX і 62% для GALLUS. Ці дані несподівано не виявили закономірності зменшення придатних лічильників

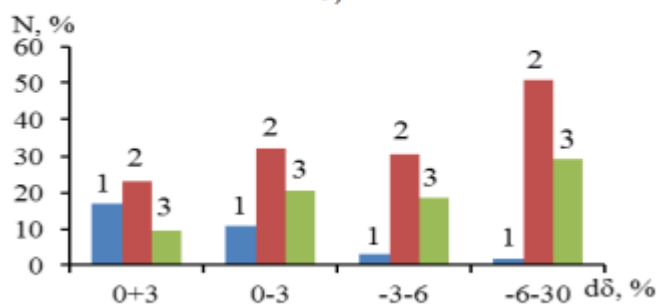
після збільшення терміну служби, особливо для лічильників GALLUS [19].



a)



б)



в)

Рисунок 3.4 – Результати статистичних досліджень похибки ПЛГ від тривалості їх експлуатації для років випуску:
1990-1998 (а); 1999-2003 (б); 2004- 2007 (в) [22]

3.3 Застосування інформаційних технологій при дослідженні експлуатаційних метрологічних характеристик побутових лічильників газу різних типорозмірів

В побутовій сфері на даний час найбільшого поширення набули ПЛГ мембранного типу типорозмірів G2,5;G4; G6 [1]. Число після позначення G характеризує номінальну витрату, яка стосується ПЛГ. Вона становить $\frac{2}{3}$ від максимальної робочої витрати. Мінімальна витрата переважно становить $\frac{1}{100}$ або $\frac{1}{150}$ частину від максимальної витрати і вказується в паспортних даних ПЛГ [20].

При експлуатації побутові лічильники підлягають періодичній повірці, яка здійснюється після восьми років експлуатації. Опрацювання статистичних результатів повірки ПЛГ дає підставу для аналізу стабільності їх метрологічних характеристик в експлуатаційних умовах, що може характеризувати про якість виготовлення ПЛГ виробниками і доцільність більшої чи меншої кількості впровадження до застосування ПЛГ тієї чи іншої моделі. Також ці статистичні дані можуть слугувати опосередкованою інформацією про втрати газозбутових організацій. Адже, як відомо, під час експлуатації метрологічні характеристики ПЛГ змінюються і переважно це призводить до зміни похибки у від'ємну сторону, що зумовлює недооблік природного газу у побутовій сфері, тобто виникають його втрати [20].

Метою дослідження є виконання порівняльного аналізу зміни похибки ПЛГ різних типорозмірів і різних виробників після восьмирічного терміну експлуатації [20].

При вирішенні поставленої мети застосовувалися інформаційні технології, які забезпечують реалізацію статистичних досліджень, оскільки кількість ПЛГ є значною. Для цього використовувалися інформаційні методи фільтрації статистичних результатів повірки ПЛГ щодо інформативних параметрів, типорозмірів (G4, G6) і підприємств-виробників (SAMGAS, METRIX, PREMAGAS). Як основний інформативний параметр для формування вибірок вибрана похибка ПЛГ за мінімальної витрати, яка є найбільш чутливою до

зміни метрологічних характеристик ПЛГ і при похибці на якій найбільше побутових лічильників не проходять повірку. Для статистичного аналізу були вибрані такі діапазони фактично встановлених похибок ПЛГ за цієї витрати: 0...+3; 0...-3; -3...-6; -6...-9; -9...-15, -15...-30, більше -30, в тому числі разом з ПЛГ, в яких не функціонував відліковий пристрій. Діапазон похибок (-3...+3)% характеризує підтвердження паспортної похибки (стосується нових ПЛГ), а його розширення до мінус 6% дає можливість оцінити кількість придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту [22].

Таблиця 3.1 – Результати статистичних досліджень похибок ПЛГ типорозміру G4 [22]

Діапазон похибок, %	G4					
	SAMGAS	SAMGAS	METRIX	METRIX	PREMAGAS	PREMAGAS
	N, од.	δ, %	N, од.	δ, %	N, од.	δ, %
1	2	3	4	5	6	7
0...+3	743	1,25	521	1,14	449	1,02
0...-3	797	-1,51	613	-1,42	1916	-1,74
-3...-6	925	-4,65	235	-4,2	2585	-4,42
-6...-9	15	-7,77	0	-9,48	8	-8,06
-9...-15	174	-12,5	8	-12,67	35	-12,53
-15...-30	212	-20,11	10	-20,75	27	-21,36
Більше -30 і несправні	378	-	91	-	468	-
Всього досліджених	3244	-	1478	-	5488	-

Узагальнена вибірка для статистичних досліджень сформована за результатами фактично виконаної періодичної повірки у 2018р. в умовах АТ “Івано-Франківськгаз” таких ПЛГ: SAMGAS (м. Рівне) – 3244 типорозміру G4 і 11 типорозміру G6; METRIX (Польща) – 1478 G4 і 806 G6; PREMAGAS (Словаччина) – 5483 G4 і 2531 G6. Використовуючи прикладну програму MS

“Excel” формувалися вибірки ПЛГ для шести діапазонів експериментально встановлених похибок, для кожного з яких розраховувалося середнє арифметичне значення похибки з урахуванням кількості ПЛГ даної вибірки. Результати статистичних досліджень наведені в таблицях 1 і 2 [22].

З наведених таблиць видно що кількість придатних для подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту становить для SAMGAS G4 – 2465 (75,98%), і G6 10 (90,9%), METRIX G4 – 1369 (92,62%), G6 576 (71,46%), PREMAGAS G4 4950 (90,27%) і G6 2020 (79,81%). Ці дані свідчать що, кількість придатних лічильників типорозміру G6 у відсотковому складі для всіх моделей є меншою від кількості придатних ПЛГ типорозміру G4. Перевищення цього показника для моделі SAMGAS може бути пояснена недостатньою кількістю (11 одиниць) лічильників, з яких сформована вибірка. Ці дані можуть характеризувати про більш досконале конструктивне виконання лічильників типорозміру G4, що в цілому можна оцінювати як ПЛГ з кращими експлуатаційними характеристиками [22].

Таблиця 3.2 – Результати статистичних досліджень похибок ПЛГ типорозміру G6 [22]

Діапазон похибок, %	G6					
	SAMGAS N, од.	SAMGAS δ , %	METRIX N, од.	METRIX δ , %	PREMAGAS N, од.	PREMAGAS δ , %
1	2	3	4	5	6	7
0...+3	4	1,92	125	1,2	645	1,21
0...-3	5	-0,51	211	-1,5	956	-1,47
-3...-6	1	-3,18	240	-4,66	419	-4,29
-6...-9	0	0	4	-7,93	11	-7,45
-9...-15	0	0	24	-12,48	45	-11,98
-15...-30	0	0	79	-21,29	39	-20,19
Більше -30 і несправні	1	-	123	-	416	-
Всього досліджених	11	-	806	-	2531	-

Для більш детального оцінювання усереднених значень похибок ПЛГ для кожного із вказаних діапазонів похибок побудовані гістограми середніх арифметичних значень похибок ПЛГ різних виробників і різних моделей G4 і

G6 (Рис. 3.5). При цьому для ПЛГ типорозміру G6 моделі SAMGAS на рис. 3.5 (г-е) не наведені дані внаслідок відсутності лічильників з такими метрологічними характеристиками.

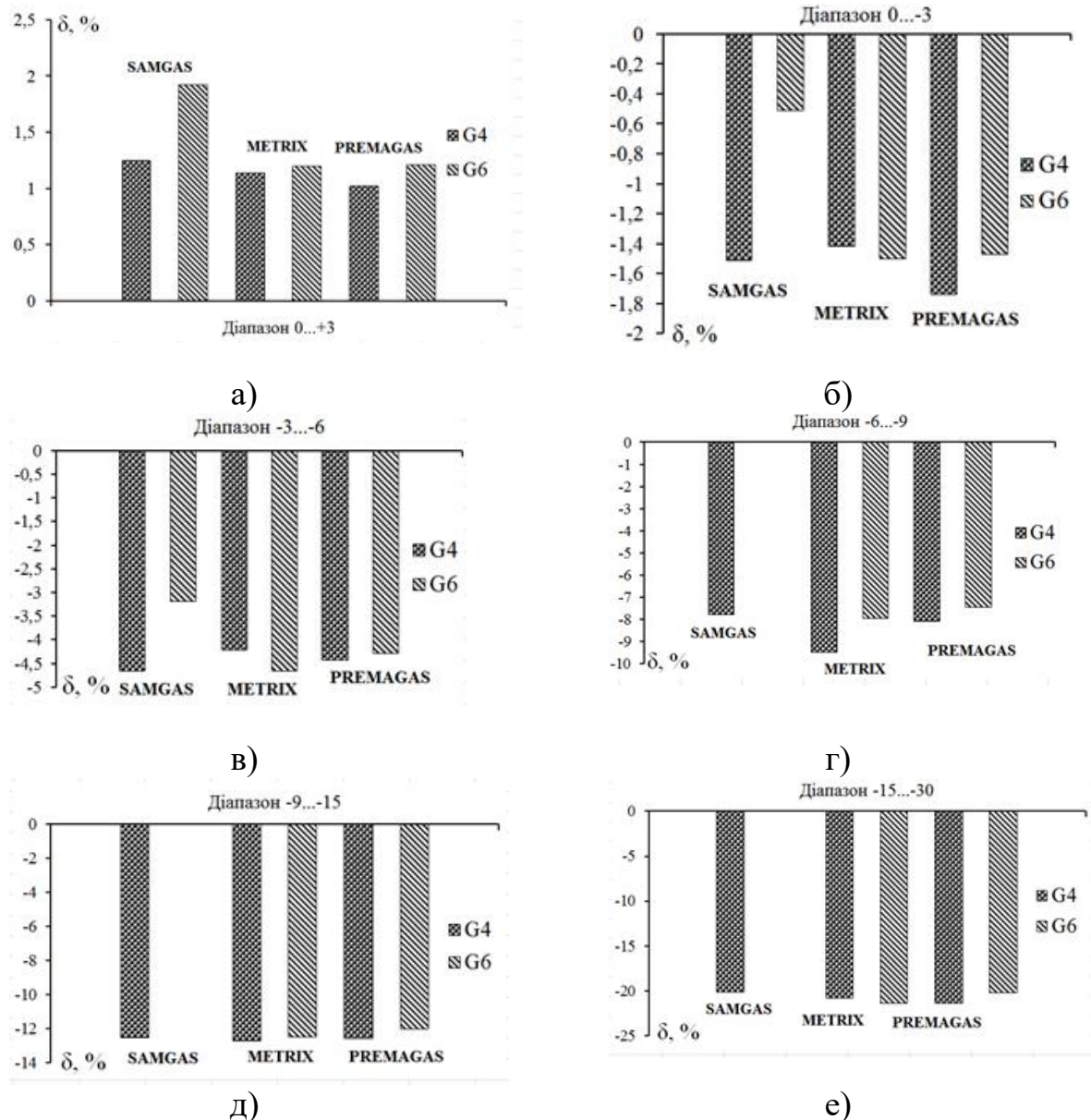


Рисунок 3.5 – Гістограми середніх арифметичних значень похибок ПЛГ з діапазонами похибок: 0...+3 (а), 0...-3 (б), -3...-6 (в), -6...-9(г), -9...-15(д), -15...-30 (е) [22].

За наведеними результатами досліджень встановлено, що за знаком похибки ПЛГ G4 і G6 для всіх діапазонів похибки і всіх моделей є ідентичними і близькими за значеннями. Водночас для лічильників PREMAGAS від'ємна похибка типорозміру G6 є меншою близько на (0,2...0,5)% порівняно із похибкою G4 (рис. 3.5, б-е), а додатна похибка на 0,2% є більшою (рис. 3.5 а).

Для лічильників METRIX зменшення від'ємної похибки для G6 спостерігається тільки для діапазонів $(-6...-9)\%$ і $(-9...-15)\%$ (рис. 3.5, г-д), а для інших діапазонів від'ємна похибка зростає близько на $(0,1..0,5)\%$ (Рис. 3.5, б, в, е). Водночас для діапазону $(0..+3)\%$ виявлено зростання додатної похибки на $0,06\%...0,7\%$ для всіх моделей ПЛГ. Для лічильників SAMGAS типорозміру G6 виявлено зростання додатної (рис. 3.5 а) і зменшення від'ємної (рис. 3.5 б, в) похибок [22].

Наведені результати статистичних досліджень дають можливість виробникам побутових лічильників оцінювати їх експлуатаційні характеристики порівняно з іншими виробниками і відкривають напрями для вдосконалення своїх засобів вимірювання.

4. РОЗРОБЛЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

4.1 Розроблення методики побудови інформаційних моделей

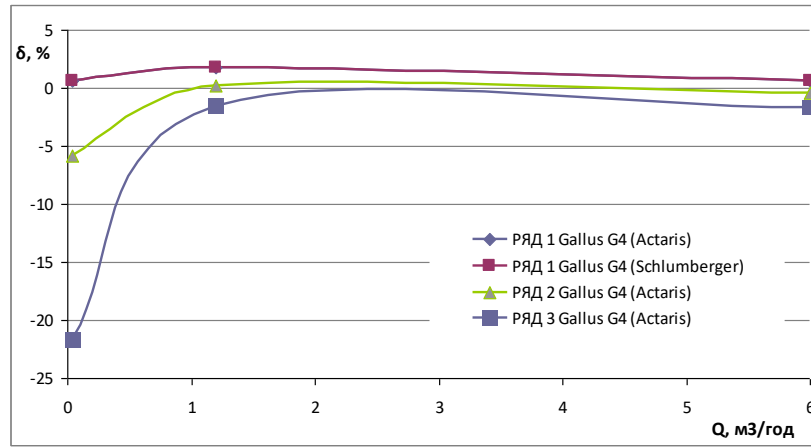
Модель від зміни похибки від вимірної втрати

Відомі результати експериментальних досліджень ПЛГ пов'язані з дослідженнями обмеженої кількості лічильників (15 штук трьох типорозмірів G4) [6].

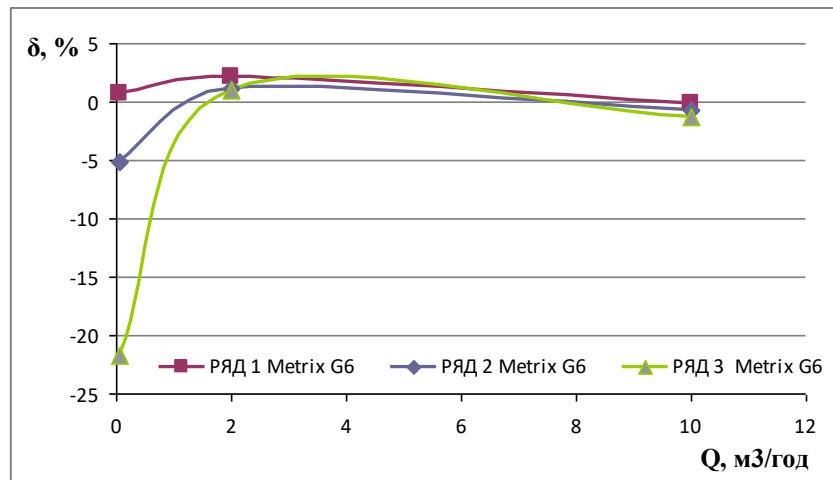
Висновки є неповними, оскільки вони не відображають змін похибки з урахуванням статистичних характеристик ПЛГ певного типорозміру. Сьогодні не існує алгоритму, який порівнює похибку лічильників і кількість лічильників з певним діапазоном похибки із загальною кількістю досліджуваних побутових лічильників. Кількісна характеристика похибок ПЛГ шляхом застосування метрологічних оцінок у вигляді середньозважених похибок також дає можливість визначення її для окремих лічильників і спочатку характеризує якість технічного класу на момент виробництва [6].

В даній методиці вивчають закономірності зміни похибки шляхом формування певних вибірок ПЛГ, тобто сортуванням за значенням похибки при мінімальній витраті $Q_{\min}$. Далі статистичний аналіз використовувався для узагальнення результатів експериментальних досліджень ПЛГ під час періодичної повірки та виявлення закономірності зміни похибки ПЛГ під час його роботи.

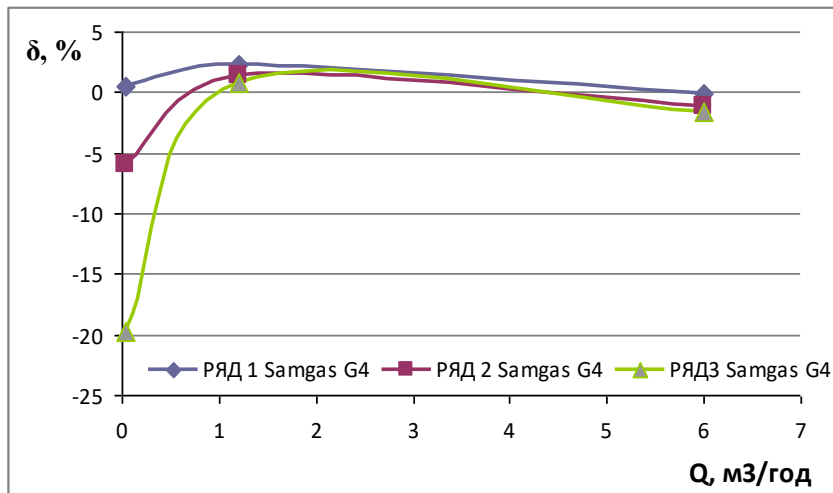
Перше дослідження статистичного аналізу побутових лічильників за результатами повірки було представлено в роботі [17]. Вони показують, що похибка лічильника значно змінюється при найменшій витраті, тоді як коливання похибки значно менше при середній витраті та найвищій витраті. Результат зміни похибки показаний на рисунку 4.1.



а)



б)



в)

Рисунок 4.1 – Графічна ілюстрація зміни похибки лічильників при різних її діапазонах на мінімальній витраті $Q_{\min}$ для діапазонів 1 (а), 2 (б), 3 (в) [17]

З отриманих результатів видно, що зміни похибок ПЛГ мають статистично подібні характеристики, тобто помітне їх значне зменшення в діапазоні від

$Q_{\min}$ до $0,2Q_{\max}$, тоді як зміна похибок у діапазоні від $0,2Q_{\max}$ до $Q_{\max}$ є меншою. Однак абсолютно несподіваним є те явище, що майже подібна картина зміни похибки в діапазоні від $0,2Q_{\max}$ до $Q_{\max}$ значно відрізняється від шаблону зміни похибки ПЛГ в діапазоні від $Q_{\min}$ до $0,2Q_{\max}$. Кількісні характеристики варіації похибки ПЛГ можуть бути оцінені лише на основі статистичного аналізу лічильників, які періодично перевіряються щодо еталонних установок. Порівняльний аналіз кількості ПЛГ, що характеризується найнижчою ціною в межах кожного заданого діапазону похибок, дозволяє статистично (включаючи відсотки) оцінити кількість ПЛГ для врахування їх фактичної робочої похибки відносно розміру або виробника лічильника.

Кількісна оцінка середньозваженої похибки ПЛГ в експлуатації та кривих похибок, встановлених для різних видів експериментів, можуть бути використані як якісна ознака фактичного технічного стану ПЛГ.

Це підтверджує доцільність застосування методу на основі критерію похибки для дослідження метрологічних властивостей ПЛГ з мінімальними витратами [17].

4.2 Розроблення моделі

Модель від інтенсивності експлуатації виміряного об'єму

Опрацювання статистичних результатів повірки ПЛГ дає підставу для аналізу стабільності їх метрологічних характеристик в експлуатаційних умовах, що може характеризувати про якість виготовлення ПЛГ виробниками і доцільність більшої чи меншої кількості впровадження до застосування ПЛГ тієї чи іншої моделі. Також ці статистичні дані можуть слугувати опосередкованою інформацією про втрати газозбутових організацій. Адже, як відомо [21], під час експлуатації метрологічні характеристики ПЛГ змінюються і переважно це приводить до зміни похибки у від'ємну сторону, що зумовлює недооблік природного газу у побутовій сфері, тобто виникають його втрати.

В даному дослідженні є статистичні дослідження стабільності метрологічних характеристик ПЛГ різних виробників в експлуатаційних умовах за результатами їх періодичної повірки після восьми років експлуатації [21].

За основу статистичного дослідження вибрані результати періодичної повірки у 2018 році найбільш поширених моделей ПЛГ у практичному застосуванні в умовах АТ “Івано-Франківськгаз”, серед яких виробництва SAMGAS (м. Рівне) – 3244, METRIX (Польща) – 1478, PREMAGAS (Словаччина) – 5483. При цьому аналіз був виконаний для лічильників типорозміру G4 різних підприємств-виробників. Інформативним параметром для аналізу вибрана похибка ПЛГ за мінімальної витрати, яка є найбільш чутливою до зміни метрологічних характеристик ПЛГ і при похибці на якій найбільше побутових лічильників не проходять повірку [21].

Для статистичного аналізу були вибрані такі діапазони отриманих похибок ПЛГ за цієї витрати: 0...+3; 0...-3; -3...-6; -6...-9; -9...-15, -15...-30; більше -30%, в тому числі разом з ПЛГ, в яких не функціонував відліковий пристрій. Діапазон похибок (-3...+3)% характеризує підтвердження паспортної похибки нових ПЛГ, а його розширення до мінус 6% дає можливість оцінити кількість придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту.

Нами також сформовано ще три діапазони похибок ПЛГ, які в принципі на

наш погляд підлягають ремонту. Лічильники з похибкою понад мінус 30% потребують суттєвого ремонту, або доцільним є їх заміна на інший.

Кількісні результати періодичної повірки ПЛГ (табл. 4.1) свідчать, що доля ПЛГ, які підтвердили паспортні характеристики становить для SAMGAS – 1540 (47,5%), METRIX – 1134 (76,7%), PREMAGAS – 2365 (43,1%). Також очевидним є суттєве зростання з 1540 до 2465 кількості придатних до подальшої експлуатації ПЛГ за рахунок розширення зони допустимої мінімальної похибки до мінус 6%. Для SAMGAS воно становить 2465 (75,9%), а для METRIX – 1369 (92,6%) і для PREMAGAS – 4945 (90,2%). Відсоток ПЛГ, у яких похибка є більшою від мінус 30%, а також несправних, у яких не функціонує лічильний механізм, становить SAMGAS – 11,65%, METRIX – 6,15%, PREMAGAS – 8,53%.

Таблиця 4.1 – Кількісні результати періодичної повірки ПЛГ [21]

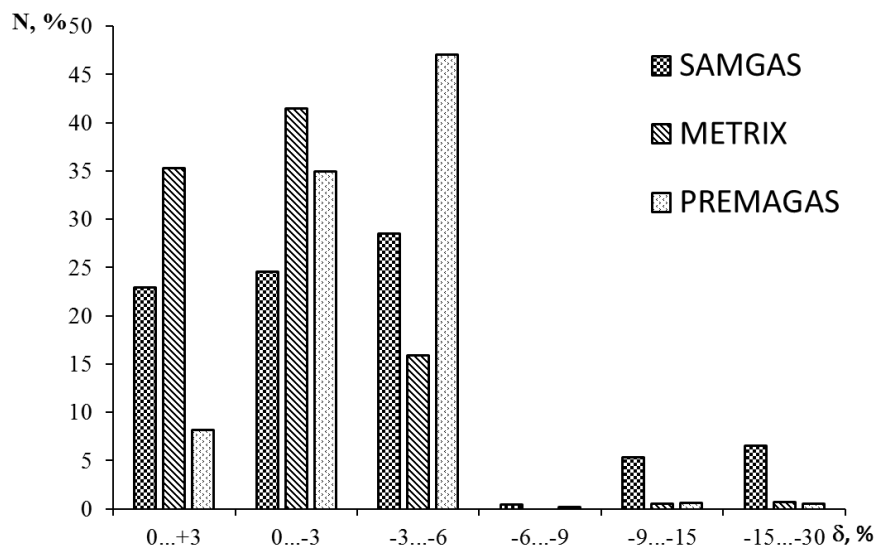
<i>Діапазон похибок, %</i>	SAMGAS	METRIX	PREMAGAS
0...+3	743	521	449
0...-3	797	613	1916
-3...-6	925	235	2580
-6...-9	15	0	8
-9...-15	174	8	35
-15...-30	212	10	27
більше -30 або непрацездатні	378	91	468
Всього	3244	1478	5483

Отримані дані показують, що найкращою стабільністю метрологічних характеристик, характеризуються лічильники METRIX як за підтвердженими паспортними характеристиками, так і за кількістю придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту [21].

Для кращого розуміння отриманих результатів досліджень у вигляді ілюстрації (рис. 4.2) наведені гістограми розподілу кількості ПЛГ (у відсотках)

з відповідними сформованими для аналізу експлуатаційними похибками ПЛГ за мінімальних витрат різних виробників.

Встановлено закономірності зміни експлуатаційної похибки ПЛГ, які характеризують досить різні закономірності зміни стабільності метрологічних характеристик ПЛГ у лічильників різних виробників. Найбільшою додатною похибкою за мінімальних робочих витрат характеризуються ПЛГ моделі METRIX (35,2 % від загальної кількості), що є достатньо неочікуваним згідно сучасним науковим твердженням про похибку ПЛГ за мінімальних витрат. Водночас додатна похибка за цих витрат, але в меншій мірі, характерна і для інших моделей – SAMGAS (22,9 %), PREMAGAS (8,18%) від загальної кількості [21].



Рисунку 4.2 – Гістограми розподілу експлуатаційної похибки ПЛГ різних виробників [21]

Передбачуваним і експериментально підтвердженим є найбільший відсоток ПЛГ з похибкою (0...-3) %, кількість яких знаходиться в межах 25-43 %. Поряд з цим суттєвою є кількість лічильників виробництва PREMAGAS (47,05%) з похибкою (-3...-6) %, які входять в число придатних до подальшої експлуатації. Можна також відзначити більшу кількість лічильників виробництва SAMGAS із значними похибками (-9...-15)% - 5,36% і (-15...-30) % - 6,53% від кількості повірених ПЛГ [21].

4.3 Дослідження впливу вибірок на побудову інформаційних моделей

Моделі працездатності різних виробників

За основу статистичного дослідження вибрані результати періодичної повірки у 2017 та 2018 роках найбільш поширених моделей ПЛГ у практичному застосуванні в умовах АТ “Івано-Франківськгаз”, серед яких виробництва SAMGAS (м. Рівне) – 2017рік – 3797, 2018рік - 3244, METRIX (Польща) – 2017рік – 1353, 2018рік - 1478, PREMAGAS (Словаччина) – 2017рік – 7119, 2018рік - 5483. При цьому аналіз був виконаний для лічильників типорозміру G4 різних підприємств-виробників. Інформативним параметром для аналізу вибрана похибка ПЛГ за мінімальної витрати, яка є найбільш чутливою до зміни метрологічних характеристик ПЛГ і при похибці на якій найбільше побутових лічильників не проходять повірку.

Для статистичного аналізу були вибрані такі діапазони отриманих похибок ПЛГ за цієї витрати: 0...+3; 0...-3; -3...-6; -6...-9; -9...-15, -15...-30; більше -30%, в тому числі разом з ПЛГ, в яких не функціонував відліковий пристрій. Діапазон похибок (-3...+3)% характеризує підтвердження паспортної похибки нових ПЛГ, а його розширення до мінус 6% дає можливість оцінити кількість придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту.

Нами також сформовано ще три діапазони похибок ПЛГ, які в принципі на наш погляд підлягають ремонту. Лічильники з похибкою понад мінус 30% потребують суттєвого ремонту, або доцільним є їх заміна на інший.

Кількісні результати періодичної повірки ПЛГ (табл. 1) свідчать, що доля ПЛГ, які підтвердили паспортні характеристики становить для SAMGAS – 1669 (43,9%) - 2017рік, 1540 (47,5%) – 2018рік, METRIX – 1047 (77,4%) – 2017 рік, 1134 (76,7%) – 2018рік, PREMAGAS – 2969 (41,7%) – 2017рік, 2365 (43,1%) – 2018рік. Також очевидним є суттєве зростання кількості придатних до подальшої експлуатації ПЛГ за рахунок розширення зони допустимої мінімальної похибки до мінус 6%. Для SAMGAS воно становить 3007 (79,1%) – 2017рік, 2465 (75,9%) – 2018рік, а для METRIX – 1278 (94,4%) – 2017рік, 1369 (92,6%) – 2018рік і для PREMAGAS – 6827 (95,9%) – 2017рік, 4945 (90,2%) –

2018 рік. Відсоток ПЛГ, у яких похибка є більшою від мінус 30%, а також несправних, у яких не функціонує лічильний механізм, становить SAMGAS – 4,9%(2017р), 11,65%(2018р), METRIX – 2,3%(2017р), 6,15%(2018р), PREMAGAS – 3,2%(2017р), 8,53%(2018р) [28].

Таблиця 4.2. Кількісні результати періодичної повірки ПЛГ [28]

<i>Діапазон похибок, %</i>	SAMGAS		METRIX		PREMAGAS	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
0...+3	739	743	519	521	648	449
0...-3	930	797	528	613	2321	1916
-3...-6	1338	925	231	235	3858	2580
-6...-9	4	15	2	0	5	8
-9...-15	270	174	24	8	23	35
-15...-30	327	212	18	10	36	27
більше -30 або непрацездатні	189	378	31	91	228	468
Всього	3797	3244	1353	1478	7119	5483

Отримані дані показують, що відсоток лічильників, які підтвердили свої паспортні характеристики збільшились в 2018 році в порівнянні з 2017 роком, а саме лічильники фірми SAMGAS (м. Рівне) збільшились на 3,6%, фірми PREMAGAS (Словаччина) відповідно на 1,4%, а відсоток лічильників фірми METRIX (Польща) навпаки зменшився – на 0,7%. Не зважаючи на те, що відсоток лічильників фірми METRIX зменшився, дані лічильників характеризуються найкращою стабільністю метрологічних характеристик, за підтвердженими паспортними характеристиками, так і за кількістю придатних до подальшої експлуатації ПЛГ без ремонту. Лічильники SAMGAS є кращими порівняно з PREMAGAS по підтвердженню паспортних характеристик, але їх загальна кількість придатних до експлуатації без ремонту є трохи меншою, тобто близькою до 75% порівняно з цим значенням (близько 90%) для лічильників двох інших аналізованих виробників [28].

4.4 Дослідження впливу вагових коефіцієнтів по діапазону похибок і кількості лічильників при розробленні моделей зміни похибки побутових лічильників газу від інтенсивності експлуатації

Було здійснено формування вибірок лічильників за об'ємом V виміряного природного газу за міжпіврічний період, який був вибраний з інтервалом 10 тис. м³ до максимального значенням виміряного об'єму 60 тис. м³. Далі в межах кожної вибірки було сформовано групи лічильників з такими діапазонами похибок за мінімальної робочої витрати: 0...+3; 0...-3; -3...-6; -6...-9; -9...-15, -15...-30 %. Наприклад, для ПЛГ моделі SAMGAS кількість лічильників з виміряним об'ємом до 10 тис м³ згідно вказаних вище шести діапазонів похибок становила 339; 277; 316; 6; 52; 62 відповідно. Також для кожної групи лічильників розраховувалося середнє арифметичне значення похибки $\bar{\delta}_i$ за витрат $Q_{\min}$, $0,2Q_{\max}$, $Q_{\max}$ і середнє значення виміряного об'єму газу $\bar{V}_i$.

Зважена середня похибка (ЗСП) δ_{czi} за мінімальних робочих витрат $Q_{\min}$ ПЛГ для i -го діапазону виміряного об'єму розраховувалося згідно алгоритму:

$$\bar{\delta}_{wmi} = \sum_{j=1}^l \bar{\delta}_{Q_{\min ij}} \left(n_{ij} / N_i \right), \quad (4.1)$$

$$N_i = \sum_{j=1}^l n_{ij}, \quad (4.2)$$

$$\bar{V}_i = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l \bar{V}_{ij}, \quad (4.3)$$

де $\bar{\delta}_{Q_{\min ij}}$ – середнє значення похибки ПЛГ за мінімальної витрати для i -го діапазону об'єму j -го діапазону похибок, (N_i – кількість лічильників для i -го діапазону виміряного об'єму, $\bar{V}_i$ – середнє значення виміряного об'єму для i -го діапазону, j – номер вибраного діапазону похибок ПЛГ із загальної кількості l) [22].

Даний алгоритм розраховано з ваговими коефіцієнтами, а графіки

зображені на рисунку 4.3 поруч зображені графіки які побудовані за алгоритмом без вагових коефіцієнтів

$$\delta_c = \frac{\sum_{j=1}^l \delta_{Qminj}}{l}. \quad (4.4)$$

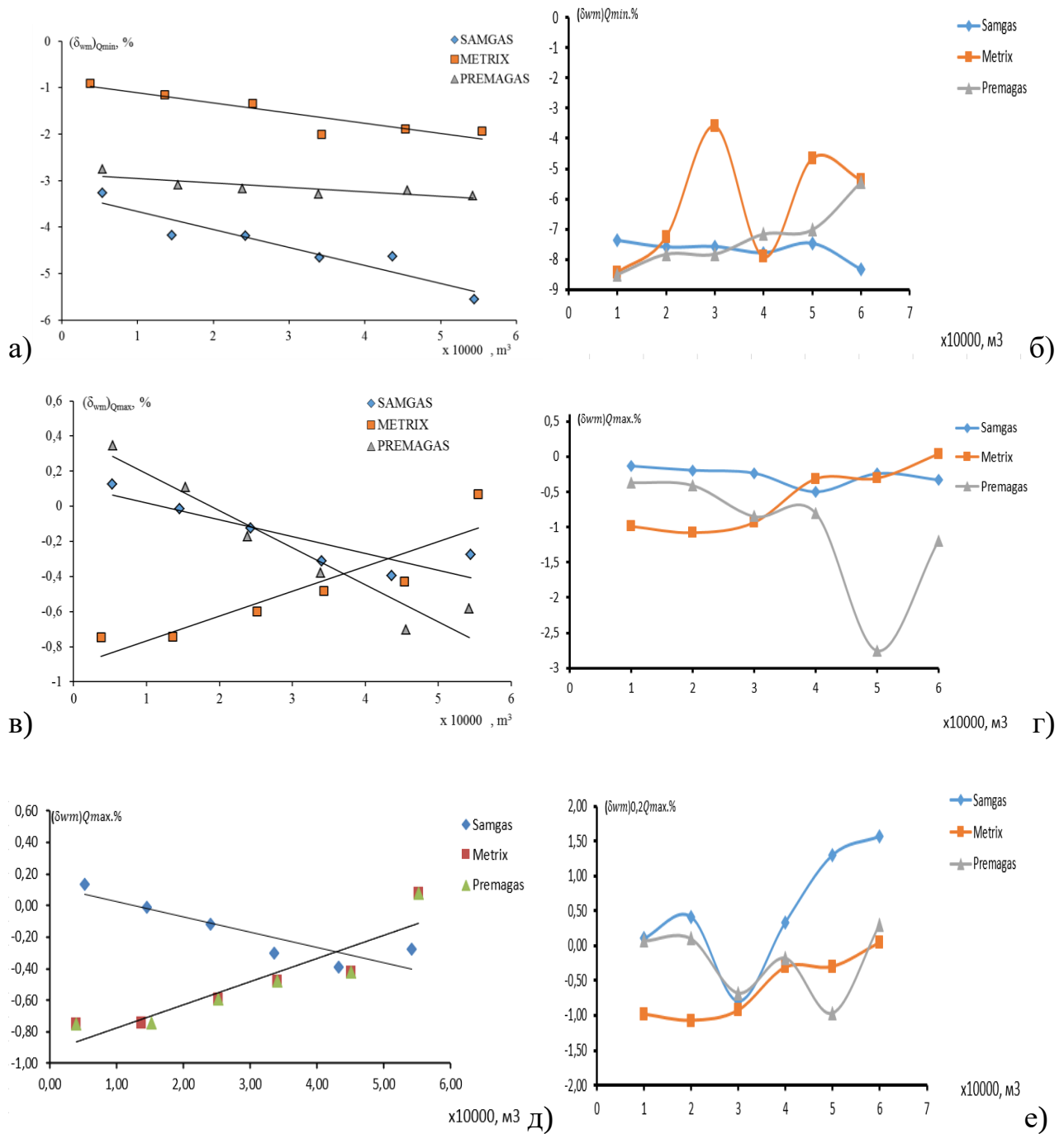
Встановлені закономірності показали, що ЗСП у всіх досліджених моделей ПЛГ за мінімальної витрати зростає із збільшенням об'єму виміряного газу. При цьому у всіх моделей ПЛГ похибка є від'ємною і знаходиться в межах від - 1 до - 6 %, тобто не перевищує - 6 %. Найменшим кількісним зростанням ЗСП (близько 0,11%) на 10 тис. м³ характеризуються ПЛГ PREMAGAS, тобто в них найкраща стабільність похибки при збільшенні виміряного об'єму. Зростання від'ємної похибки для SAMGAS і METRIX є дещо більшим і становить близько 0,45%, 0,21% відповідно.

Дослідження ЗСП за максимальної робочої витрати для всіх вказаних моделей ПЛГ показало, що вона знаходиться в межах від - 0,8 % до + 0,3 %, однак закономірностей її зміни при зростанні виміряного об'єму не виявлено, що ілюструють рисунок 4.3

З графіків видно, що врахування вагових коефіцієнтів дозволя встановити закономірності зміни похибки на кожній витраті для різних типів лічильників. Так видно , що на мінімальній витраті для лічильників типу METRIX і SAMGAS похибка спадає із збільшенням виміряного об'єму газу в межах від 10 тис. до 60 тис. м³. В той час для лічильників для PREMAGAS ця закономірність є менше вираженою. бо похибка майже не змінюється. Якщо не враховувати вагові коефіцієнти при визначенні середньої похибки ПЛГ на мінімальній витраті , то значення похибки для всіх трьох типів лічильників є суттєво більшою, і має від'ємне значення [28].

При цьому похибка перевищує від'ємні значення мінус 8–9%. При цьому в лічильників моделі METRIX закономірності зміни похибки практично не виявили. При максимальній витраті закономірності зміни похибки спостерігаються при врахуванні вагових коефіцієнтів у всіх трьох моделей досліджуваних ПЛГ, а без врахування вагових коефіцієнтів спостерігаються закономірності зменшення від'ємної похибки у SAMGAS і METRIX і зовсім відсутньої закономірності у плг моделі PREMAGAS . На витраті 0.2_{Qmax} також

не виявлено закономірності зміни похибки, хоча по своєму числовому значенні вона є близькою до похибки яка розрахована з ваговими коефіцієнтами [28].



а,б – при мінімальних витратах; в,г – при максимальних витратах д,е – при витратах $0,2Q_{max}$; а,в,д – при врахуванні вагових коефіцієнтів б,г,е – без врахування вагових коефіцієнтів

Рисунок 4.3 – Залежність зміни середнього значення похибки від виміряного об'єму газу за різних витрат [28]

4.5 Зміна середньоквадратичного відхилення похибки ПЛГ

Однією із статистичних інформаційних моделей може бути модель по дослідженню стабільності середньоквадратичного відхилення похибки.

Цей параметер характеризує як здійснюється розподіл похибки в межах кожної з вибірок ПЛГ, бо ці вибірки сформовані випадковим чином на базі кількості ПЛГ які подані на перевірку після 8 – річного терміну експлуатації. Ця характеристика може характеризувати якість конструктивного виконання ПЛГ не тільки по значенню похибок, але по стабільності їх метрологічних характеристик в межах вибірок по конкретних моделях і типорозмірах ПЛГ

Цей аналіз може характеризувати на скільки подібними є лічильники одної моделі і одного типорозміру за своїми метрологічними характеристиками в експлуатаційних умовах. Результати аналізу подані на рис 4.4

Цей аналіз також проводився з врахуванням вагових коефіцієнтів кількості досліджуваних лічильників, які вимірювали об'єм газу в межах від 10 до 60 тис м³. А також без врахування вагових коефіцієнтів.

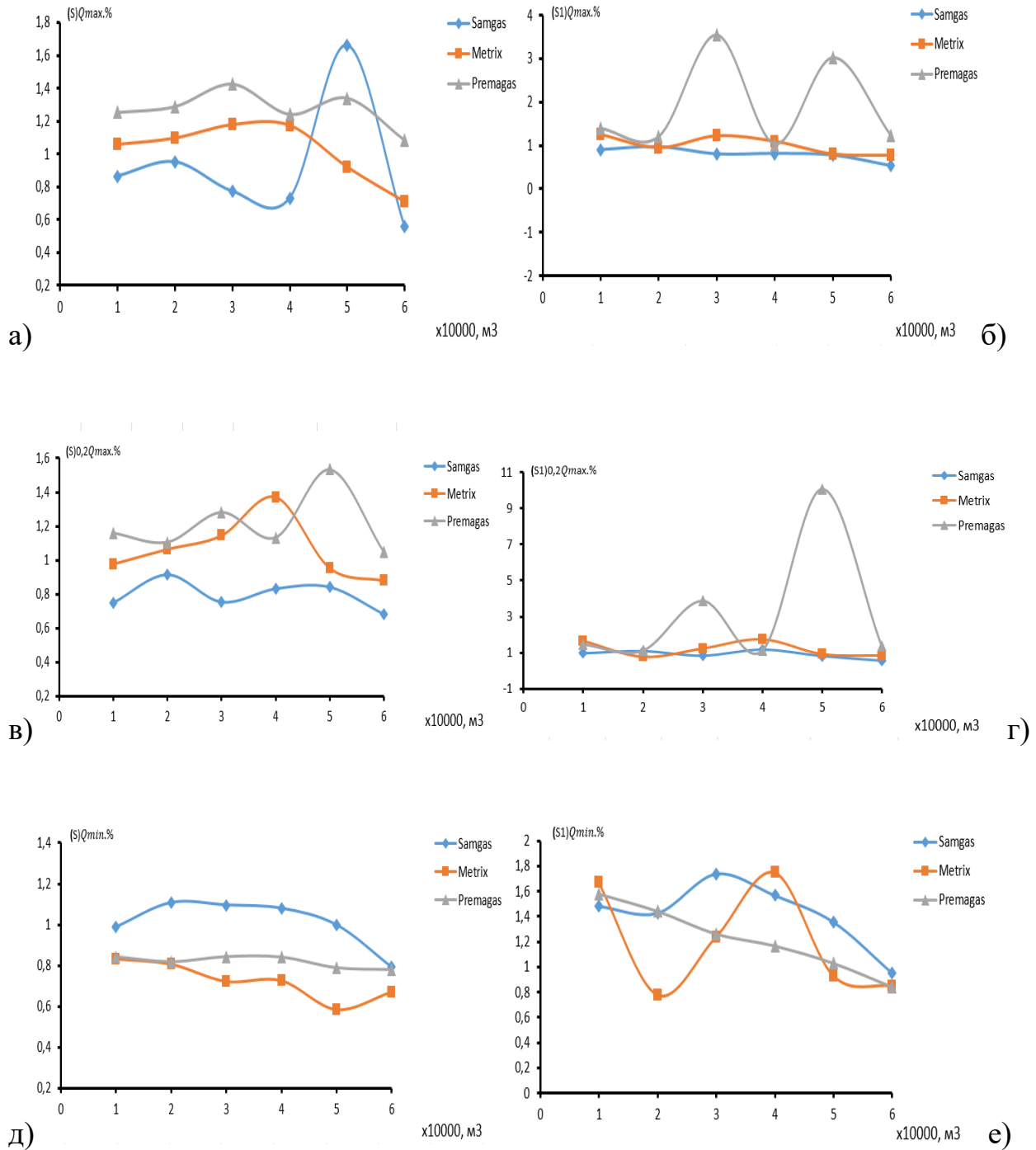
Алгоритми обчислення середньоквадратичного значення похибок для різних вибірок ПЛГ наведені нижче

$$S_j = \sqrt{\frac{\delta_{Qmin\ ij} - \delta_{Qmin\ ij}}{N-1}} \times 100\% \quad (4.5)$$

$$S_j = \sum_{j=1}^l S_{Qmin\ ij} (n_{ij}/N_i) \quad (4.6)$$

$$S_1 = \frac{\sum_{j=1}^l S_{Qmin\ ij}}{l}. \quad (4.7)$$

де $S_{Qmin\ ij}$ – середнє значення похибки ПЛГ за мінімальної витрати для і-го діапазону об'єму j-го діапазону похибок, , (N_i – кількість лічильників для і-го діапазону вимірюваного об'єму, j – номер вибраного діапазону похибок ПЛГ із загальної кількості – i) [22].



а,б – при мінімальних витратах; в,г – при максимальних витратах д,е – при витратах $0,2Q_{max}$; а,в,д – при врахуванні вагових коефіцієнтів б,г,е – без врахування вагових коефіцієнтів

Рисунок 4.4 – Залежність зміни середньо квадратичного відхилення похибки [22]

За результатами досліджень встановлено відсутність закономірностей зміни середньоквадратичної похибки для лічильників трьох досліджуваних моделей типорозміру G4.

Більш детальний аналіз зміни середньоквадратичного відхилення може бути виконане за результатами поглибленого аналізу зміни похибки ПЛГ, який буде передбачати дослідження додаткових впливових факторів, наприклад місця експлуатації, вимірюваного об'єму, температурних умов експлуатації і звичайно підприємства – виготовлювача [22].

4.6 Кваліметричний підхід до формування інформаційних моделей ПЛГ

Для кількісного оцінювання зміни похибок ПЛГ як комплексного показника якості, який містить вагові коефіцієнти у вигляді врахування співвідношення відповідних робочих витрат газу, можна застосувати середньозважену похибку, яка подається відомою формулою [11, 22]:

$$\delta_{CЗ} = \frac{\sum (q_i / q_{\max}) \delta_i}{\sum (q_i / q_{\max})}, \quad (4.8)$$

де $\delta_{CЗ}$ - середньозважена похибка; δ_i - похибка на i -тій досліджуваній витраті q_i .

При цьому якщо $q_i = q_{\max}$, то у їхньому співвідношенні замість одиниці необхідно застосовувати ваговий коефіцієнт 0,4.

Використовуючи шість значень нормованих витрат, за якими розраховують середньозважену похибку для нових ПЛГ для випадку їх робочого діапазону 1:150 формула (4.8) набуває вигляду:

$$\delta_{CЗE(6m)} = \frac{0,015\delta_{q_{\min}} + 0,03\delta_{2q_{\min}} + 0,1\delta_{0,1q_{\max}} + 0,2\delta_{0,2q_{\max}} + 0,5\delta_{0,5q_{\max}} + 0,4\delta_{q_{\max}}}{1,245}, \quad (4.9)$$

де $\delta_{CЗE(6m)}$ - середньозважена паспортна похибка.

Для кількісного оцінювання середньозваженої похибки ПЛГ в умовах експлуатації використано такі статистично отримані закономірності зміни їх похибки, згідно формування вибірок за критерієм похибки при $q_{\min}$.

Оскільки експериментальне визначення похибки здійснюються на трьох витратах, то застосовуємо алгоритм із врахуванням похибки для трьох значень витрати. Тому із врахуванням значень витрат формула (4.8) запишеться:

$$\delta_{C3E(3m)}^{HB} = \frac{0,015\delta_{q\min} + 0,2\delta_{0,2q\max} + 0,4\delta_{q\max}}{0,615}, \quad (4.10)$$

де $\delta_{C3E(3m)}^{HB}$ - середньозважена експериментально визначена похибка ПЛГ по трьох точках витрати, які охоплюють нижнє і верхнє її значення.

Для випадку повірки ПЛГ по трьох нижніх значеннях витрати, що є можливим для реалізації при визначенні похибки за місцем експлуатації, формулу (4.8) можна записати:

$$\delta_{C3E(3m)}^H = \frac{0,015\delta_{q\min} + 0,03\delta_{2q\min} + 0,2\delta_{0,2q\max}}{0,245}, \quad (4.11)$$

де $\delta_{C3E(3m)}^H$ - середньозважена експериментально визначена похибка ПЛГ по трьох точках витрати, які охоплюють три нижніх її значення.

Оскільки є суттєва зміна похибки при витратах менших від $0,2q_{\max}$ доцільним є оцінювання похибки ПЛГ по чотирьох нормованих витратах, які є конкретизовані для нових ПЛГ. Згідно цих умов формула (4.8) набуває вигляду:

$$\delta_{C3E(4m)}^H = \frac{0,015\delta_{q\min} + 0,03\delta_{2q\min} + 0,1\delta_{0,1q\max} + 0,2\delta_{0,2q\max}}{0,345}, \quad (4.12)$$

де $\delta_{C3E(4m)}^H$ - середньозважена експериментально визначена похибка ПЛГ по чотирьох точках витрати.

Результати розрахунку середньозважених експериментально встановлених похибок подані в табл. 4.3 і підтверджують можливість застосування цього показника для оцінювання технічного стану ПЛГ в умовах експлуатації.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання технічного стану ПЛГ за середньозваженою похибкою

Діапазон зміни $\bar{\delta}_{q\min}$	$\delta_{C3E(6m)}, \%$	$\delta_{C3E(3m)}^{HB}, \%$	$\delta_{C3E(3m)}^H, \%$	$\delta_{C3E(4m)}^H, \%$
0...+3%	1,2311	0,9131	1,5966	1,6437
0...-3%	0,2092	0,0131	0,1362	0,1806
-3...-6%	-0,3393	-0,5913	-1,1441	-1,1271
-6...-9%	-0,1206	-0,4336	-1,0125	-0,8654
-9...-12%	-0,5878	-0,9301	-1,8875	-1,7075
-12...-15%	-0,7380	-1,1449	-2,3477	-2,1067
-15...-18%	-1,0227	-1,3790	-3,3628	-3,0912
-18...-21%	-0,7204	-1,0756	-3,5541	-3,1553
-21...-24%	-1,0584	-1,4373	-4,3218	-3,8962
-24...-27%	-1,0952	-1,4337	-4,5679	-4,0190
-27...-30%	-1,3220	-1,5887	-5,1930	-4,5244

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих та потенційно небезпечних виробничих факторів

У процесі праці людина взаємодіє з предметами і знаряддям праці, та іншими людьми. На неї діють різні параметри і фактори виробничої обстановки, під час протікання процесу праці, а саме (температура, вологість, рухливість повітря, шум, вібрація, шкідливі речовини, різні випромінювання і т.д.). Здоров'я та працездатність людини, її відношення до праці та результати праці, залежить від умов праці. При несприятливих умовах різко знижується продуктивність праці та складаються передумови для виникнення травм і професійних захворювань [31].

Проведемо оцінку можливості запобігання шкідливим проявам, що виникають у результаті експлуатації такої системи контролю якості побутових лічильників газу з точки зору впливу на навколишнє середовище. “Державні санітарні норми та правила роботи із візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин” НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» є найбільш повним нормативним документом щодо забезпечення охорони праці користувачів ПК [32].

Спроекована система має кілька недоліків при впливі на навколишнє середовище. Одним з них є різноманітні високочастотні електромагнітні колювання, які присутні у робочій зоні в радіусі 0,5 метра навколо електронно-обчислювальної машини і приладу в цілому. Для усунення впливу таких колювань сучасні комп'ютери виконуються у металевому корпусі, які екранують поширення електромагнітних колювань.

Електробезпека є важливим питанням при конструюванні приладу.

Електробезпека - це система організаційно-технічних заходів і засобів захисту людей від шкідливого і небезпечного впливу електричних струмів, дуг, електромагнітних полів і статичної електрики.

На відміну від інших небезпек, небезпека електричного струму полягає в тому, що без спеціального обладнання, такого як рухомі предмети або механізми, гарячі предмети, відкриті люки, незагороджені краю високих майданчиків тощо, люди не можуть дистанційно виявити напругу. Небезпека настає занадто пізно - коли людина вже постраждала.

Аналіз смертельних нещасних випадків на виробництві показує, що на долю уражень електричним струмом приходить до 40%, а в енергетиці - до 60%. Більша частина смертельних електроуражень (до 80%) спостерігається в електроустановках до 1000В.

Електротравматизм людини можливий, коли при експлуатації електроприладів не виконуються необхідні технічні умови, коли електроприлад

працює на низькому технічному рівні, коли не виконуються вимоги ПУЕ та ПТБ (Правила електромонтажу та правила безпеки). Електротравми є наслідком порушення правил безпеки та інструкцій, відсутності технічних оглядів та аварійної експлуатації електроустановок. Це викликано поганою ізоляцією струмоведучих частин, перемиканням напруги на корпусі приладу, обривом дроту (і внаслідок цього ступінчастою напругою, напругою дотику). У багатьох випадках ураження електричним струмом є наслідком непродуманої помилки оператора.

Ще одним недоліком використання цієї системи є наявність м'якого рентгенівського випромінювання на моніторі комп'ютера. Щоб запобігти впливу опромінення обслуговуючого персоналу, необхідно використовувати скляні фільтри з відновною потужністю не менше 90%.

Електромагнітні поля також можуть впливати на організм людини. Багато елементів і підсистем при неправильному використанні випромінюють електромагнітні хвилі, а тривалий вплив електромагнітних хвиль може призвести до функціональних і генетичних розладів. Одним з таких небезпечних електромагнітних випромінювань є термінальне рентгенівське випромінювання, яке може досягати інтенсивності 10 мкР/год.

Усі джерела електромагнітного випромінювання по можливості мають

бути екранованими [32].

Таблиця 5.1 – Аналіз потенційно небезпечних виробничих факторів

Виробничий об'єкт	Небезпечний фактор	Фактичне значення	Нормативне значення	Характер дії на людину
ЕОМ	Шум	$L_p = 40$ дБА	$L_p = 50$ дБА	Роздратування, втома, втрата слуху
	Рентгенівське проміння	9-10-12 мкР./год.	75,0 мкР./год.	Загальна втома, головний біль
	Ультрафіолетове випромінювання	$0,02$ Вт/м ²	$0,01$ Вт/м ²	Загальна втома, головний біль
	Електростатичне поле	15 кВ/м ²	$20-60$ кВ/м ²	Головний біль
	Яскравість	80 кД/м ²	Не менше 35 кД/м ² не більше 60 кД/м ²	Різь в очах
	Електричний струм	$U=220$ В, $I \leq 2$ А, $f=50$ Гц.	$I \leq 100$ мА	

Щоб уникнути ураження електричним струмом, провідники обладнання необхідно ізолювати. Також необхідно ізолювати обладнання, що знаходиться під напругою, та заземлювати всі електричні корпуси та металеві частини обладнання. Ефективним заземлення є трубчасте заземлення з товщиною стінки 3,5 мм. Довжина трубки зазвичай 250 см, а діаметр 5 см. Заземлювальний провідник розташований на чотирикутному ланцюзі глибиною приблизно 80 см, а опір заземлювача не повинен перевищувати 4 Ом (при робочій напрузі до 1000 вольт) [33].

5.2 Забезпечення нормальних умов праці.

Відповідно до встановлених гігієнічно-санітарних вимог (ДСН 3.3.6.042-99) оптимальні параметри виробничого середовища повинні бути наступними (таблиця 5.2) [34]:

Таблиця 5.2 – Норми мікроклімату для приміщень із ВТД [34]

Період	Категорія робіт	Температура повітря, С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий	Легка - 1 а	23...25	40...60	0,1
Холодний	Легка - 1 б	22...24	40...60	0,1

Усі види робіт у виробничому об'єкті поділяються на три категорії залежно від тяжкості робіт. Робота оператора комп'ютера відноситься до категорії робіт, які споживають до 150 ккал/год.

Споруди під виробництво ОЦ проектується відповідно вимогам ДБН В.2.2-28:2010. «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» та ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

– З метою оптимізації умов праці робітників ОЦ розміщення приміщень в обчислювальних центрах здійснюється за принципом однорідності виду виконуваних робіт, необхідно встановлювати відеотермінали в приміщеннях, суміжних з поліграфічним обладнанням та ізольованими від приміщення.

– За характеристиками візуальних приладів освітлення промислових приміщень повинно відповідати наступним вимогам:

– Освітлення повинно забезпечувати достатню освітленість, щоб робоча поверхня була достатньо яскравою, щоб її можна було розрізняти за коефіцієнтом відбиття;

– Освітленість робочої поверхні повинна бути достатньо рівномірною;

- Освітлювана поверхня повинна мати достатній контраст;
- Ні джерело світла, ні відбиваюча робоча поверхня не повинні мати сліпучого ефекту;
- Освітлення повинно забезпечувати безпеку праці;

Освітлення об'єкту контролю може бути природним, штучним та змішаним. Значення коефіцієнта природного освітлення повинно відповідати нормам по ДБН В.2.5-28-2018 “Природне і штучне освітлення. Норми проектування”. При виконанні робіт високої категорії точності цей показник повинен бути не нижче 1,5% [35]

Таблиця 5.3 – Характеристика штучної освітленості робочих місць [35]

Назва приміщення	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк				Тип світильника
		Загальне освітлення	Комбіноване освітлення	Аварійне освітлення (для продовження роботи)	Аварійне освітлення (для евакуації)	
Приміщення із комп'ютером	Ш, в	450	450	10	—	ЛПС-12 “Кососвітло”

У сучасних моніторах на ЕЛП фільтри для захисту очей оператора від ультрафіолетових та рентгенівських променів вбудовані у дисплей. При використанні моніторів на базі рідкокристалічних або плазмових панелей, захисні екрани не використовуються [35].

Таблиця 5.4 – Допустимі параметри електромагнітних випромінювань та електричного поля [36]

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/м	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10
Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320. ..400 нм)			10,0
В інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0.. .70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот [37]

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В приміщеннях із підвищеним рівнем шуму	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Вимоги до допоміжних будинків та приміщень обчислювальних центрів мають відповідати СНІП 2-09-0-1-87 “Адміністративні і побутові будинки та приміщення виробничих підприємств”.

Виробничі приміщення в обчислювальних центрах повинні дотримуватися таких обсягів зовнішнього повітря:

- Обсяг приміщення на одного працівника не більше 20 м^3 - не менше $30 \text{ м}^3/\text{год}$ на особу;
- Обсяг приміщення на кожного працівника 20-40 кубометрів - не менше 20 кубометрів на годину на людину;
- Обсяг кожної робочої кімнати більше 10 куб.м, з вікнами і без шкідливих речовин, при умові природної вентиляції, якщо не потрібно дотримуватись технічних параметрів чистоти повітря;
- На виробничих приміщеннях без вікон і ліхтарів витрата на одного робітника повинна бути не менше $60 \text{ м}^3/\text{год}$ з дотриманням норм мікроклімату.
- У перегрітих приміщеннях необхідно регулювати подачу теплоносія відповідно до параметрів регулювання мікроклімату. Не можна

використовувати для опалення комп'ютерних залів і зберігання магнітних стрічок, електронагрівачів і парового опалення.

У всіх виробничих приміщеннях на постійних робочих місцях параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату ...». Характеристики наведено в таблиці 5.2 [34].

Повітря, що надходить у приміщення, має бути очищено від забруднень, зокрема пилу та мікроорганізмів. Класи чистоти повітря повинні відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 14644-1:2022 Чисті приміщення та відповідне контрольоване середовище. Частина 1. Класифікація чистоти повітря за концентрацією часток (EN ISO 14644-1:2015, IDT; ISO 14644-1:2015, IDT).

Кондиціонери повинні забезпечувати автоматичне підтримання параметрів мікроклімату в необхідних межах протягом усього року, видаляти пил від шкідливих речовин у повітрі, створювати тиск у чистому приміщенні, щоб не допустити потрапляння нечистого повітря.

Організація робочого місця кабінету інформатики повинна здійснюватися відповідно до сучасних ергономічних вимог.

Таблиця 5.6 – Характеристика системи вентиляції

Виробниче приміщення	Вид вентиляції	Вентиляційне обладнання	Кратність повітрообміну 1/год.
Приміщення з ЕОМ	Притічно-витяжна	Кондиціонер TOSHIBA	3

Щоб забезпечити точне та швидке зчитування інформації в найкращій зоні огляду, площа екрана монітора має бути перпендикулярна до нормальної лінії зору. Повинна бути можливість переміщення монітора навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ (справа наліво) і нахилу на 85° вперед і 105° назад, коли монітор зафіксований у цьому положенні.

Клавіатуру слід розташувати так, щоб було зручно працювати двома

руками. Клавіатуру слід розташувати на столі на відстані 100 ... 300 мм від краю. Кут нахилу клавіатури до робочого столу повинен бути від 5° до 15°, а зап'ястя на долоні має бути на одному рівні з робочим столом.

Установлений період відпочинку при 8-годинній денній зміні з використанням комп'ютера залежно від характеру роботи: 15 хвилин на годину - для розробників програм, які використовують комп'ютер, 15 хвилин кожні дві години - для операторів ЕОМ; 10 хвилин після кожної години роботи за ЕОМ для операторів комп'ютерного набору [32].

Ігнорування санітарних правил та норм роботи із ВДТ може викликати у осіб даної професії, втому організму в цілому, втому органів зору, відчуття дискомфорту в очах, відчуття засміченості та свербіння очей, болі попереково-крижового відділу хребта, скованість та оніміння м'язів шиї та плечового поясу.

5.3 Забезпечення безпеки технологічних процесів, монтажу, налагоджування та експлуатації обладнання

Для забезпечення безпечної експлуатації обладнання персонал повинен дотримуватися всіх правил та інструкцій щодо безпечної експлуатації установки, а працювати мають тільки кваліфіковані спеціалісти. Зважаючи на шкідливі для організму людини умови вимірювання, до роботи на підприємстві допускаються особи віком до 18 років, які пройшли спеціальну підготовку за цією професією в навчальних закладах та склали вступні випробування, пройшли правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. При прийнятті на роботу персонал НК повинен пройти первинний медичний огляд та вступний інструктаж з охорони праці на робочому місці та протипожежної безпеки.

Під час роботи в приміщеннях обслуговуючий персонал забезпечує безпечні умови праці та вимоги гігієни та санітарії шляхом чіткого та неухильного дотримання норм технічного регламенту та трудової дисципліни.

Автоматика, блокування та рівні сигналу запобігають виникненню

надзвичайних ситуацій, які можуть пошкодити технічне обладнання та загрожувати життю обслуговуючого персоналу.

Усі працівники, що обслуговують систему контролю, повинні бути ознайомлені з правилами техніки безпеки і мати письмовий дозвіл на проведення робіт.

Наказом (розпорядженням) керівника підрозділу необхідно призначити особу, відповідальну за безпечну експлуатацію кожного підрозділу обладнання та кожного робочого місця.

Живлення постійних і тимчасових робочих місць для вимірювання та контролю здійснюється через запобіжники або автоматичні вимикачі. Розподільний пристрій повинен мати чітку індикацію положення ON. Живлення має бути підключено до розетки з чіткою етикеткою напруги.

Під час перерв робоче місце та обладнання на ньому необхідно вимкнути та зняти напругу.

Робочі місця та живу техніку не можна залишати без нагляду.

У лабораторії повинні бути забезпечені гігієнічні умови відповідно до виду виконуваних робіт: освітлення - за ДБН В.2.5-28-2018, температура та вентиляція - за ДСН 3.3.6.042-99 [34, 35].

Експлуатація та обслуговування системи контролю якості лічильників, що працюють під активним середнім тиском (тиск, електричне поле), повинні відповідати нормам безпеки для цього обладнання, затвердженим Держтехнаглядом.

Якщо в ході робіт буде встановлено, що шкідливі та шкідливі виробничі фактори перевищують допустимі норми, необхідно вжити заходів щодо їх зниження до встановлених рівнів.

У разі неможливості створення безпечних умов праці роботи повинні бути припинені до усунення причини порушення та нормальних умов праці.

Перед підключенням пристрою до джерела живлення необхідно перевірити цілісність шнура живлення. Підключення обладнання на місці вимірювань повинно здійснюватися з дозволу та присутності його керівника електротехніки. Шнур живлення розміщений таким чином, щоб виключити

можливість пошкодження.

5.4 Розрахунок штучної освітленості робочого місця

Для створення нормальних умов зорової роботи (особливо при роботі з великими об'єктами контролю) необхідно забезпечити освітленість більшу, ніж мінімально допустимі норми [33, 35].

Розрахуємо освітлення приміщення кімнати, в якій знаходиться звукомірна камера, розміром $16 \times 8 \times 3 \text{ м}^3$.

В якості джерела світла вибираємо лампу розжарювання із світильником типу ППД. Коефіцієнт запасу приймаємо $k=1,3$.

В світильнику ППД косинусоїдний світлорозподіл.

Оптимальну відносну відстань між світильниками вибираємо з $\lambda = 0,9 \div 1,6$: $\lambda = 1,6$.

Прийmemo висоту звисання світильників $h_{зв.} = 0,4 \text{ м}$. Розрахункова висота підвісу при $h_{p,n} = 0$ буде $h_p = H - h_{зв.}$, тобто $h_p = 3 - 0,4 = 2,6 \text{ м}$.

Оптимальна відстань між світильниками:

$$L' = h_p \cdot \lambda \quad (4.1)$$

Отже, $L' = 2,6 \cdot 1,6 = 4,16 \text{ м}$.

З відхиленням від цього значення на 4% прийmemo $L' = 4 \text{ м}$, що значно облегшить виконання установки.

Число рядів світильників визначаємо так:

$$n_8 = B / L' = 8 / 4 = 2.$$

Число світильників в ряді:

$$n_{16} = A / L' = 16 / 4 = 4.$$

Загальне число світильників в приміщенні:

$$N = n_8 \cdot n_{16} = 2 \cdot 4 = 8.$$

Відстань між світильниками 4 м., відстань від світильників до стін 2 м.

Нормована освітленість в приміщенні $E_{\min} = 30 \text{ лк}$.

З таблиці для світильників ППД знаходимо питому потужність

$$p_{nut.} = 6,1 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

Розрахункова електрична потужність всієї освітлювальної установки:

$$P' = p_{nut.} \cdot S = 6,1 \cdot 16 \cdot 8 = 780,8 \text{ Вт.}$$

Потужність одної лампи

$$P_{\text{л}} = 780,8 / 8 = 97,6 \text{ Вт.}$$

З додатку вибираємо найближчу стандартну лампу, наприклад Б220-230-100, потужність якої перевищує розрахункову на $\Delta P = (100 - 97,6) \times 100 / 97,6 = 2,5 \%$, що менше допустимих $+20\%$.

Потужність всієї установки в кінцевому вигляді:

$$P = 100 \cdot 8 = 800 \text{ Вт.}$$

Висновки до розділу

В даному розділі дипломного проектування розглянуто питання охорони праці в приміщенні, де проводиться аналіз ПЛГ.

Здійснено аналіз потенційних небезпек виробничих факторів, які можуть виникнути при експлуатації даного приладу в умовах здійснення вимірювань. Враховані та вказані безпечні умови праці обслуговуючого персоналу.

Вказані основні вимоги безпечної роботи з пристроєм. Здійснено комплексну оцінку умов праці, безпеки технологічних процесів, монтажу, налагоджування та експлуатації обладнання, а також розрахунок необхідної освітленості приміщення для проведення вимірювання. Визначено, що в приміщенні для проведення вимірювання потрібно 8 світильників з лампами розжарювання Б220-230 по 100 Вт.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі проведено аналіз побутових лічильників газу як об'єкта дослідження, також здійснено аналіз технічних засобів для метрологічного дослідження побутових лічильників газу. Розглянуто суть і призначення інформаційних метрологічних моделей побутових лічильників газу, їх види та застосування інформаційних технологій при дослідженні експлуатаційних метрологічних характеристик побутових лічильників газу різних типорозмірів.

Також здійснено дослідження інформаційних моделей. Розглянуто методики побудови інформаційних моделей. Проведено дослідження впливу вибірок на побудову інформаційних моделей та виконано дослідження впливу вагових коефіцієнтів по діапазону похибок і кількості лічильників при розробленні моделей зміни похибки побутових лічильників газу від інтенсивності експлуатації. Здійснено аналіз потенційних небезпек виробничих факторів, які можуть виникнути при експлуатації даного приладу в умовах здійснення вимірювань. Враховані та вказані безпечні умови праці обслуговуючого персоналу

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Лічильник газу мембранний самгаз G4 RS/2001-22P: проспект, 2016. 5с. (Інформація: Товариство з обмеженою відповідальністю “САМГАЗ”).
2. Облік природного газу: довідник / уклад.: М. П. Андрійшин, О. М. Карпаш, О. Є. Середюк [та ін.]; за ред. проф. С. А. Чеховського. Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. 180 с.
3. 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).
4. ДСТУ EN 1359:2012. (EN 1359:1998/A1:2006, IDT). Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2013-05-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. V, 48 с. (Національний стандарт України).
5. Р50-071-98. Метрологія. Лічильники газу побутові. Методи та засоби повірки. [Чинний від 1998-03-27]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1998. III, 20 с. (Рекомендації).
6. 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.
7. Jaworski J. Badanie gazomierzy miechowych metoda proby losowej. Czesc II. Przegląd Gazowniczy. 2009. Grudzien. S 48-51.
8. Kulaga P., Jaworski J. Wyniki badan trwalosci gazomierzy miechowych uzyskiwane z zastosowaniem roznych metodyk – analiza porownawcza. Nafta-Gaz. 2016. №8. S. 645-650.
9. Середюк О.Є., Лютенко Т.В. Статистичний аналіз зміни похибки побутових лічильників газу при їх експлуатації. Technical Using of Measurement-2017: тези доп. III Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених у царині метрології (м. Славське, 24-27 січня 2017). К.: Академія метрології України. 2017. С.48-51.

10. Seredyuk O., Liutenko T., Seredyuk D., Warsza Z. Badanie bledow pomiarowych gazomierzy membranowych po szesciu latach eksploatacji. MSM 2017: Zeszyty Naukowe XXI Miedzynarodowe seminarium metrologow (Rzeszow-Czerniow, 12-15 wrzesnia, 2017). Gdansk, 2017, ISSN 2353-1290. Nr 55. 2017. S. 65- 68.

11. ДСТУ 9035:2020 Метрологія. Лічильники газу для побутових потреб та комерційного обліку. Методика повірки [Чинний від 2020-11-01]. Вид. офіц. Київ: ДП“УкрНДНЦ”, 2020. IV, 12 с.

12. ДСТУ 3607-97. Лічильники газу побутові. Правила приймання та методи випробувань [Чинний від 1998-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1997. 24 с.

13. ДСТУ EN 1359:2006. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови (EN 1359:1998, IDT) [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. IV, 45 с.

14. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [від 05.06.2014р., № 1314-VII: у редакції від 01.05.2019 р.].

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

16. Середюк О.Є., Прудніков Б.І., Вошинський В.С., Лютенко Т.В., Експериментальні дослідження і моделювання метрологічних характеристик побутових лічильників газу. *Облік природного газу та метрологія: збірка доповідей Всеукр. семінарнаради* (м. Одеса, 21-25 вересня 2015). Одеса, 2015. С. 24-27.

17. Середюк О.Є., Криницький О.С., Лютенко Т.В. Метрологічні дослідження статистичних закономірностей зміни похибки побутових лічильників газу різних типорозмірів. *Technical Using of Measurement* – 2018: тези доп. IV Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених у царині метрології (м. Славське, 13-18 лютого 2018). К.: Академія метрології України. 2018. С.34-36.

18. Середюк О. Є., Лютенко Т. В. Застосування інформаційних технологій при статистичних дослідженнях метрологічних характеристик побутових лічильників газу при їх експлуатації. *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості*: тез. доп. III всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів (м. Івано-Франківськ, 10-13 жовтня 2017). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2017. С.112-114.

19. Середюк О.Є., Лютенко Т.В., Криницький О.С. Статистичні дослідження стабільності похибки побутових лічильників газу в залежності від тривалості їх експлуатації. *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання*: матеріали доп. 8-ої Міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті професора Ігоря Кісіля (м. Івано-Франківськ, 14- 16 листопада 2017). Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2017. С. 186-188.

20. 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.

21. Середюк О.Є., Криницький О.С., Катамай В.Б. Вивчення стабільності метрологічних характеристик побутових лічильників газу в умовах експлуатації *Приладобудування: стан і перспективи*: матеріали доп. 20-ої Міжнар. наук.-техн. конф. пам'яті професора Ігоря Сікорського. (18 - 19 травня 2021р, м. Київ). Київ: ПБФ КПІ, 2021. С. 285-286.

22. Науково-технічні дослідження у галузі обліку природного газу: колективна монографія / заг. ред. О.Є. Середюк. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г.М. – 2023. – 128 с.

23. Пат. 62268 С2 Україна, МПК (2006) G 01 F 25/00. Спосіб градування та вивірення витратомірів і лічильників газу / Середюк О.Є.; заявник і патентовласник Середюк О.Є. – №2003021415; заявл. 18.02.03; опубл. 16.10.06, Бюл. №10.

24. Пат. 116046 С2 Україна, МПК (2017.01) G 01 F 25/00. Спосіб повірки побутових лічильників газу / Середюк О.Є., Лютенко Т.В.; заявники і патентовласники Середюк О.Є., Лютенко Т.В. – № а 201605643; заявл. 25.05.16; опубл. 25.01.18, Бюл. №2.

25. Пат. 64734 С2 Україна, МПК 7 G 01 F 25/00. Устаткування для градування та перевірки витратомірів і лічильників газу / Прудніков Б.І., Середюк О.Є.; заявники і патентовласники Прудніков Б.І., Середюк О.Є. – № 99063426; заявл. 18.06.99; опубл. 15.03.04, Бюл. №3.

26. Пат. 27565 U Україна, МПК (2006) G 01 F 25/00. Установа для градування та перевірки витратомірів і лічильників газу / Середюк О.Є., Костинюк В.В., Прудніков Б.І.; заявник і патентовласник Івано-Франківський націон.техн. ун-т нафти і газу. – № u200705894; заявл. 29.05.07; опубл. 12.11.07, Бюл. №18.

27. Пат. на кор. модель 4851 U Україна, МПК 7 G01F25/00. Устаткування для градування та перевірки витратомірів і лічильників газу / Довган Л.Р., Прудніков Б.І., Коляджин І.М. [та ін.]; заявник і патентовласник ВАТ по газопостачанню та газифікації «Івано-Франківськгаз». – № 2004042444; заявл. 01.04.04; опубл. 15.02.05, Бюл. №2. – 4с.

28. Лютенко Т.В. Удосконалення методу і технічних засобів для без демонтажного метрологічного перевіряння побутових лічильників газу: дис.. канд.. техн.. наук: 05.01.02 / ІФНТУНГ, 2019. 247с.

29. Метрологія і технологічні вимірювання у нафтовій та газовій промисловості : навч. посіб. / С. А. Чеховський, І. С. Петришин, Н. М. Піндус, С. П. Ващишак, Л. А. Витвицька, М. А. Кононенко, О. Є. Середюк, В. М. Романів. За ред. проф. Чеховського С. А. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. 534 с.

30. Середюк О.Є. Вдосконалення витратовимірювальних повірочних установок на базі ємності високого тиску / О.Є. Середюк // Методи та прилади контролю якості – 2004. - №12. – С. 51–56.

31. Чижик І. Проблеми метрологічної діяльності у сфері охорони праці. Охорона праці і пожежна безпека. №6, 2018. С.55-59.

32. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями : наказ Міністерства соціальної політики України від 14.02.2018 № 207, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 25.04.2018 за № 508/31960. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text> .

33. Жидецький В. Ц. Практикум із Охорони праці. Навчальний посібник // В. Ц. Жидецький, В. С. Джигирей, В. М. Сторожук. – Львів “Афіша”, 2000. – 349 с.

34. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>

35. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. URL: https://dnaop.com/html/2032/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.5-28-2006.

36. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 149 с.

37. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу : Державні санітарні норми та правила : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014 № 248, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 06.05.2014 за № 472/25249. Київ, 2014.

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема бакалаврської роботи: *Дослідження метрологічних моделей при експлуатації побутових лічильників газу.*

Обсяг ПЗ в аркушах: 90.

Перелік креслень графічної частини (6 аркушів):

1. БР.МТ-31.00.00.001 Типова конструкція мембранного лічильника (формат А4)
2. БР.МТ-31.00.00.002 Схема установки для перевірки газових лічильників (формат А3)
3. БР.МТ-31.00.00.003 Графічна ілюстрація зміни середнього значення похибки ПЛГ (формат А3)
4. БР.МТ-31.00.00.004 Статистичні дослідження похибки ПЛГ від тривалості їх експлуатації (формат А3)
5. БР.МТ-31.00.00.005 Гістограми розподілу експлуатаційної похибки ПЛГ різних виробників (формат А4)
6. БР.МТ-31.00.00.006 Залежність зміни середнього значення похибки від виміряного об'єму газу за різних витрат (формат А3)

(Дата завершення роботи)

_____ Зінчук Д. Ю.
(ПІБ)