

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Факультет автоматизації та енергетики
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного
менеджменту

Вусятицький Юрій Любомирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 006.91
(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

**Вдосконалення системи збору і обробки інформації з побутових
лічильників газу при їх метрологічних дослідженнях**

(назва роботи)

Метрологія та вимірювальна техніка

(назва освітньої програми)

175 – “Інформаційно-вимірювальні технології”

(шифр і назва спеціальності)

Ю.Л. Вусятицький

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Ключко Наталія Богданівна, к.т.н, доц

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

В. С. Цих

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

Рецензент

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

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

Івано-Франківськ, 2025 р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет автоматизації та енергетики

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та енергетичного менеджменту

Освітній рівень другий (магістерський)

Спеціальність 175 – “Інформаційно-вимірювальні технології”

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВТЕМ

В.С. Цих

« » 2025 року

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

Вусятицький Юрій Любомирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення системи збору і обробки інформації з побутових лічильників газу при їх метрологічних дослідженнях

керівник роботи Клочко Наталія Богданівна, к.т.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” 12 2025 року № 752/7

2. Строк подання студентом роботи 30.12.2025

3. Вихідні дані до роботи тип досліджуваних лічильників газу – побутові мембранні; робоче середовище – природний газ; умови функціонування – робочий тиск до 5кПа, типорозміри лічильників – G2.5, G4, G6, вид системи збору – оптико-електронний

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

1. Аналіз систем збору і обробки вимірювальної інформації з лічильників газу

2. Розробка вдосконаленої системи збору і обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

3. Метрологічні дослідження вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

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

1. Блок-схема алгоритму функціонування діагностувальної установки

2. Структурна схема системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ

3. Схема проведення експрес-контролю побутових лічильників газу

4. Програмне опрацювання зображення зі шкали ПЛГ

5. Ізометричний вигляд повірочної установки для здійснення перевірки побутових лічильників газу

6. Ілюстрація функціонування системи збору інформації з ПЛГ

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>нормоконтроль</i>	<i>доц. Чуйко М.М.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Аналіз систем збору і обробки вимірювальної інформації з лічильників газу</i>	<i>10.12.2025</i>	
2.	<i>Розробка вдосконаленої системи збору і обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу</i>	<i>15.12.2025</i>	
3.	<i>Метрологічні дослідження вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу</i>	<i>25.12.2025</i>	
4.	<i>Оформлення магістерської роботи</i>	<i>25.12.2025</i>	

Студент _____ **Вусятицький Ю.Л.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Клочко Н.Б.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 97 с, 26 рис., 12 табл., 47 джерела, 6 аркушів креслень.

Об'єкт дослідження – система збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

Мета роботи – вдосконалити та розробити автоматизовану систему збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

У даній магістерській роботі проведено аналіз повірочних установок, та систем збору вимірювальної інформації, які використовуються разом з установками.

Розроблено автоматизовану систему збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу. Також розроблено алгоритм роботи програмного середовища, в якому здійснюється обробка отриманої інформації. Здійснено метрологічні дослідження вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

Особливістю вдосконаленої системи збору є те, що при її застосуванні в повірочних лабораторіях похибка зняття показів з лічильних механізмів зменшується у двічі в порівнянні з візуальним методом зняття показів. Також передбачена можливість використання даної системи з повірочними установками, що працюють як на повітрі, так і на природному газі.

Наведено розрахунок вихідного діаметра торцевого звужувального пристрою діагностувальної установки з вдосконаленою системою збору вимірювальної інформації, а також похибку вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

ПОБУТОВИЙ ЛІЧИЛЬНИК ГАЗУ, ПОВІРОЧНА УСТАНОВКА, ТОРЦЕВІ ЗВУЖУЮЧІ ПРИСТРОЇ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗБОРУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ, КОРЕКТОРИ ГАЗУ, ЧАСТОТОМІР-ХРОНОМЕТР, МАГНІТНА МУФТА

ABSTRACT

Master's thesis: 97 p., 26 fig., 12 tab., 47 sources, 6 sheets of drawings.

Object of study - measuring system for collecting information on domestic gas meters.

Purpose – to improve and develop an automated system for collecting measurement data from household gas meters.

In this master's thesis analyzed the calibration settings and measurement data acquisition systems that are used along with the settings.

A computerized system for collecting measurement data from household gas meters. Also the algorithm of the software environment in which process the information received. Done metrological research advanced measurement system for collecting information on domestic gas meters.

Feature improved collection system is that when it is applied in calibration laboratories error removing impressions from the counting mechanism is reduced twice in comparison with the visual method of removing hits. Also provides for the use of this system with calibration settings that run on air and natural gas.

Calculation of the output socket diameter narrowing device of a check installation of advanced metering data collection system, as well as improved accuracy of the measuring system for collecting information on domestic gas meters.

DOMESTIC GAS METERS, CALIBRATION INSTALLATION, END FACE
NARROWING DEVICE, AUTOMATED MEASURING SYSTEM FOR
COLLECTING INFORMATION, GAS CALCULATORS, FREQUENCY-
WATCHES, MAGNETIC COUPLING

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	7
1 Аналіз систем збору і обробки вимірювальної інформації з лічильників газу.....	9
1.1 Аналіз лічильників газу як об'єкта формування вимірювальної інформації.....	9
1.2 Сучасний стан пристроїв автоматизованого збору вимірювальної інформації з лічильників газу.....	20
1.3 Особливості програмного забезпечення реалізації вимірювальних алгоритмів при експлуатації і метрологічних дослідженнях лічильників газу.....	26
1.4 Постановка задачі на магістерську роботу.....	38
2 Розробка вдосконаленої системи збору і обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	39
2.1 Види і особливості метрологічних досліджень лічильників газу....	40
2.1.1 Визначення метрологічних характеристик при первинній і періодичній повірці.....	40
2.1.2 Контроль технічного стану побутових лічильників газу.....	53
2.2 Розроблення структурної схеми системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	58
2.3 Розроблення конструктивних рішень при створенні системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	65
2.4 Програмне забезпечення для обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	72
2.5 Розроблення алгоритму розрахунку вихідного діаметра торцевого звужувального пристрою діагностувальної установки з вдосконаленою системою збору вимірювальної інформації.....	74
3 Метрологічні дослідження вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	77

3.1 Дослідження похибки при візуальному знятті вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	77
3.2 Дослідження похибки при автоматизованому знятті вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.....	82
3.3 Розрахунок похибки розробленої вдосконаленої системи автоматизованого збору інформації з побутових лічильників газу.....	86
Висновки.....	90
Перелік літературних джерел.....	92

ВСТУП

Аналіз причин втрат природного газу і розробка шляхів його цільового економного використання були і залишаються об'єктом прискіпливої уваги багатьох дослідників, про що свідчать численні наукові публікації, у тому числі у провідних журналах нафтогазової галузі.

Діагностику стосовно побутових лічильників газу можна розглядати як спрощений варіант метрологічної атестації. Вона є важливим компонентом атестації, що дозволяє встановити придатність або непридатність лічильника до подальшого використання.

Для того щоб спростити, автоматизувати та підняти точність процесу повірки лічильників газу, як в побутових так і промислових сферах, необхідно здійснити аналіз існуючих методів та систем збору вимірювальної інформації, за допомогою яких здійснюють повірку газових лічильників.

На практиці, повірка побутових лічильників газу здійснюється за рядом вимог, яких необхідно дотримуватись. Щоб процес здійснення повірки був не складним та не вимагав додаткових затрат, необхідно зробити його автоматизованим. Головне завдання повірки – перевірка лічильника газу на справність. Неважливо, чи це побутовий лічильник, чи промисловий – облік газу повинен здійснюватись з мінімальною похибкою, адже блакитне паливо є коштовним і запаси його не безмежні.

В магістерській роботі ставиться завдання здійснити аналіз систем збору вимірювальної інформації, установок на яких здійснюється повірка побутових лічильників газу та розробити оптимальну систему автоматизованого збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу. Оскільки повірка газових лічильників в даний момент, здебільшого, передбачає візуальний спосіб зняття показів з відлікового механізму, тому точність проведення повірки є не високою. Зменшення похибки при здійсненні повірки, можна досягнути шляхом розроблення автоматизованої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу. Це дасть змогу полегшити процес

повірки, а також зменшити похибку зняття показів, тобто відхилення від правильної роботи повірювального лічильного приладу, можна буде виявити на початкових етапах.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗБОРУ І ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Призначенням будь-яких лічильників газу є те, що вони повинні, при певних умовах, здійснювати облік природного газу. Метою таких приладів є точний підрахунок газу, що пройшов крізь лічильний механізм. Лічильники газу служать для вимірювання об'єму газу комунально-побутовими і промисловими споживачами. Газові лічильники дають змогу відміряти порції газу, та вести облік з досить малими похибками. Оскільки газ є коштовним паливом, то його необхідно відміряти якомога точніше.

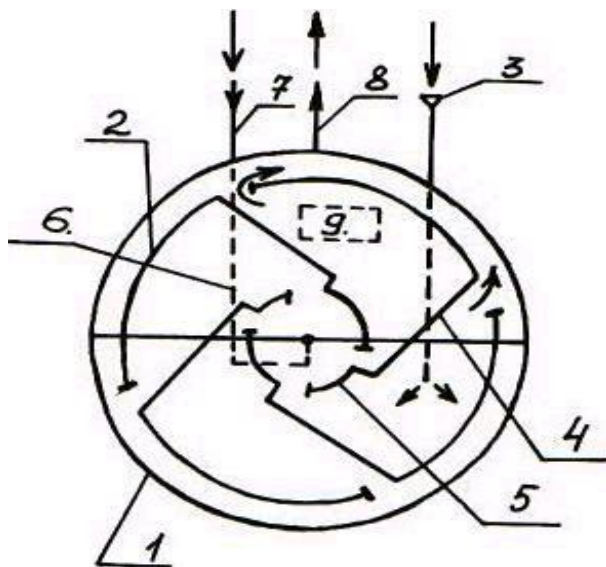
Окрім обліку газу, важливим фактором є точне зчитування та передача знятої з лічильних механізмів інформації, та її документування для полегшення і спрощення ведення розрахунків. Крім того, особлива увага приділяється системі збору і обробки інформації при повірці лічильників газу.

1.1 Аналіз лічильників газу як об'єкта формування вимірювальної інформації

Лічильники призначені для вимірювання об'єму природного газу, фізико-хімічні параметри якого повинні відповідати [5], за максимального робочого тиску до 0,05 МПа при проведенні обліку, в тому числі комерційного, при комунальних та житлово-комунальних сферах. Газопроводи в залежності від тиску газу що транспортується в ньому, підрозділяються на: газопроводи високого тиску I категорії - при робочому тиску газу від 0,6 до 1,2 МПа для природного газу та газоповітряних сумішей до 1,6 МПа; газопроводи високого тиску II категорії - при робочому тиску газу від 0,3 до 0,6 МПа; газопроводи середнього тиску - при робочому тиску газу від 0,005 МПа до 0,300 МПа; газопроводи низького тиску - при робочому тиску газу до 0,005 МПа [5].

В більшості випадків побутові лічильники складаються з трьох основних вузлів: вимірювального механізму, відлікового пристрою та корпусу. Вимірювальний механізм розміщений в міцному газонепроникному корпусі. Корпус складається з двох частин, з'єднаних між собою за допомогою затискуючого пояса, і герметизується термостійким герметиком. На верхній частині корпусу розміщені приєднувальні штуцери для монтажу в трубопроводі. Ззовні до корпусу кріпиться відліковий пристрій [3]. Газові лічильники є декількох типів: барабанні, мембранні, ротаційні, турбінні.

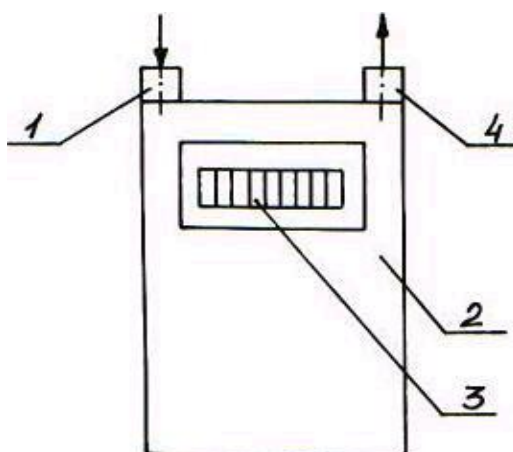
Дія барабанного лічильника (рис. 1.1) заснована на принципі витіснення рідиною рівних об'ємів газу з вимірювальних камер барабана, що обертається під дією різниці тисків. За один оберт барабана витискується кількість газу, що дорівнює об'єму чотирьох вимірювальних камер [29]. Дані лічильники призначені для обліку при малих витратах газу до $0,4 \text{ м}^3/\text{год}$ і використовуються як засоби при лабораторних дослідженнях.



1 – металевий кожух; 2 – барабан; 3 – лійка для води; 4 – перетинки; 5 – циліндрична камера; 6 – трубка для входу газу; 7 – вхідний штуцер; 8 – вихідний штуцер; 9 – лічильний механізм.

Рисунок 1.1 – Схема газового барабанного лічильника ГСБ-400 [31]

Мембранні лічильники типу GALLUS 2000-U (рис. 1.2) [3] призначені для вимірювання об'єму газу на витраті до 6 м³/год. Вимірювальний пристрій лічильника Gallus 2000-U складається з двох камер, розділених газонепроникними діафрагмами. Завдяки спеціальній системі клапанів діафрагми здійснюють зворотно-поступальний рух, при наявності різниці тисків газу на вході і виході лічильника. Зворотно-поступальний рух перетворюється кінематичним пристроєм в обертовий рух роликів лічильного механізму. Ролики виконані у вигляді барабанного механізму і утворюють суматор. Таким чином оберт барабанного механізму, в залежності від зворотно-поступального руху клапанів, здійснює облік пройденого об'єму газу через газовий лічильник. Зняття показів з такого лічильного механізму здійснюється візуальним методом.



1 – вхід газу; 2 – корпус; 3 – лічильний механізм; 4 – вихід газу.

Рисунок 1.2 – Мембранний газовий побутовий лічильник типу GALLUS 2000-U [3]

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики мембранних лічильників

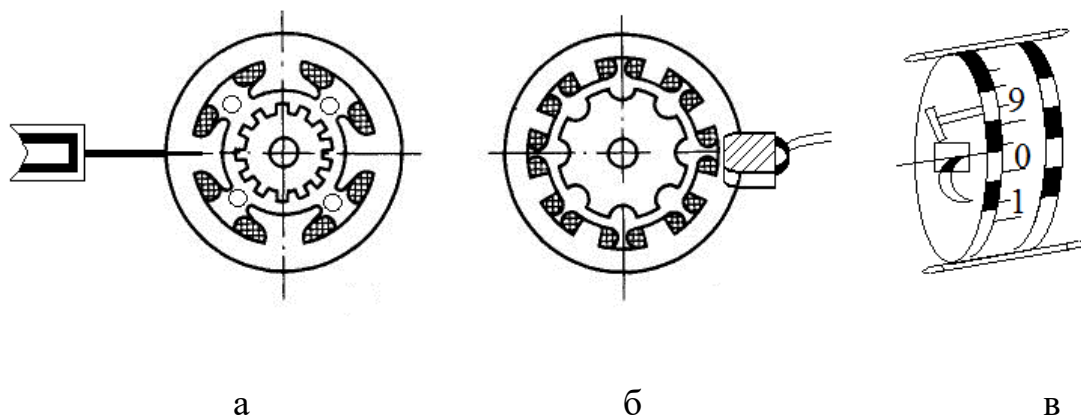
Тип лічильника	1,6	2,5	4
Максимальна витрата газу Q_{max} , м ³ /год	2,5	4,0	6,0
Мінімальна витрата газу Q_{min} , м ³ /год	0,016	0,025	0,04
Похибка лічильників в інтервалі від Q_{min} до $2Q_{max}$	± 3,0 %		
Похибка лічильників в інтервалі від $2Q_{min}$ до Q_{max}	± 2,0 %		
Межа чуттєвості, дм ³ /год	1,0		
Максимальний тиск, бар	0,5		
Робочий інтервал температур, °С	20 - 60		

Ротаційні лічильники (рис. 1.4) призначені для обліку витрати природного газу котлами та іншими споживачами з об'ємом споживання до 1000 м³/год. Витрати газу виміряють при обертанні ротора за рахунок різниці тисків на вході в лічильник P_1 і виході з нього P_2 .

Принцип дії лічильника заснований на обертанні двох вісімкоподібних роторів, під дією різниці тиску на вхідній та вихідній частинах вимірювальної камери. При постійному потоці газу ротори обертаються з постійною круговою швидкістю, при цьому використовують за кожне обертання вимірювальний об'єм, який обмежений стінками камери і роторами.

Знімають інформацію з таких лічильників газу, візуально, за допомогою відлікових пристроїв барабанного типу. Схематичне зображення даних пристроїв можна побачити на рис. 1.3.

Давачі можуть бути низькочастотні (НЧ), середньочастотні (СЧ) або високочастотні (ВЧ). Найчастіше застосовуються давачі типу "сухий контакт", а також індуктивні давачі ВЧ та НЧ [3].

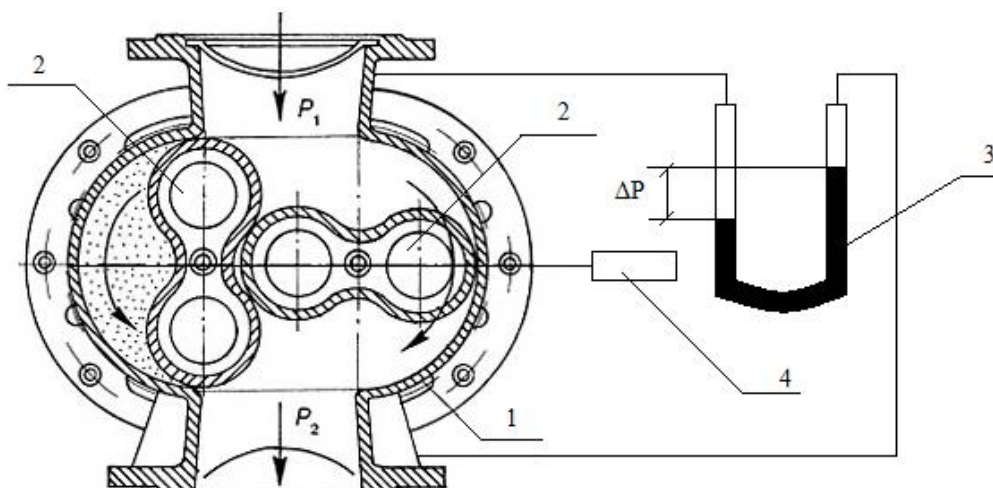


а – індуктивний плавний контакт; б – індуктивний пазовий контакт; в – давач типу “сухий контакт”;

Рисунок 1.3 - Давачі імпульсів, що використовуються в роторних лічильниках

Під терміном “сухий контакт” слід розуміти відсутність у такого контакту гальванічного зв'язку з ланцюгами електроживлення і «землею», тобто контакт гальванічно розв'язаний від керуючого сигналу. Давачі типу “сухий контакт”

являють собою геркони, стан яких змінюється магнітом, що закріплений на одній із шестерень відлікового пристрою. В ідеальному вигляді «сухим контактом» є контакти звичайної механічної кнопки і контакту реле (електромагнітних, оптичних) [4].



1 – корпус; 2 – вісімкоподібні шестерні; 3 – дифманометр; 4 –
вимірювальний пристрій

Рисунок 1.4 – Ротаційний газовий лічильник

Турбінні витратоміри та лічильники належать до класу тахометричних, загальною ознакою яких є обертання чутливого елемента (перетворювача) під дією рушійного моменту, який створюється потоком. Таким елементом у турбінних витратомірах є тангенціальна або аксіальна турбіна. Слід зазначити, що, порівняно, донедавна такі пристрої для вимірювання витрати газу використовувались рідко, оскільки рушійний момент на газі незначний. Але вдосконалення конструкції, застосування нових матеріалів суттєво змінило ситуацію. В основу тахометричного методу вимірювання покладена залежність швидкості обертання тіла (турбіни), встановленого у трубопроводі, від витрати газу [3].

Якщо вал турбіни з'єднати через редуктор з лічильним механізмом, то отримаємо вимірювач кількості — лічильник. Турбінний лічильник складається

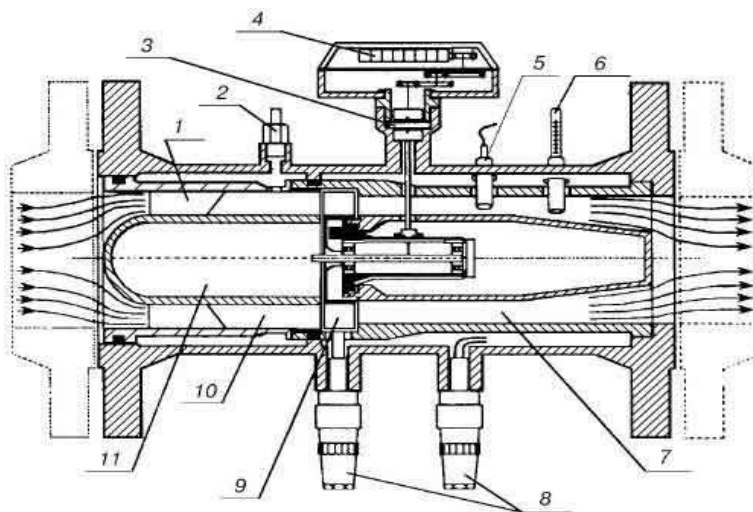
з трьох базових вузлів: аеродинамічно збалансованого ротора, корпусу та відлікового пристрою [3].

В турбінному лічильнику газу (рис. 1.5), під впливом потоку газу, колесо турбіни приводиться в обертання, число обертів якого прямо пропорційне протіканню обсягу газу.

В головці лічильника розміщений відліковий пристрій здебільшого барабанного типу. В багатьох лічильниках в головці розташовують давачі імпульсів, які перетворюють оберти турбіни в електричні імпульси. Число обертів турбіни через понижуючий редуктор і газонепроникну магнітну муфту, передається на лічильний механізм, що знаходиться поза газовою порожниною, який показує (по наростаючій) сумарний обсяг газу за робочих умов, що пройшов через прилад [3].

Для обліку газу використовуються два види турбінних лічильників:

- лічильники з проходженням газу вздовж осі турбінного колеса (лічильники з аксіальними турбінами);
- лічильники з радіальною подачею газу на турбінне колесо (лічильники з тангенційними турбінами).



1, 10 – вимірювані поперечні перерізи; 2 – включення тиску, 3 – магнітна муфта, 4 – рахунковий механізм; 5 – термовимірювальний зонд РТ-100, 6 – контрольний термометр; 7 – канал виходу; 8 – датчики імпульсів; 9 – колесо турбіни; 11 – витіснювач тіла

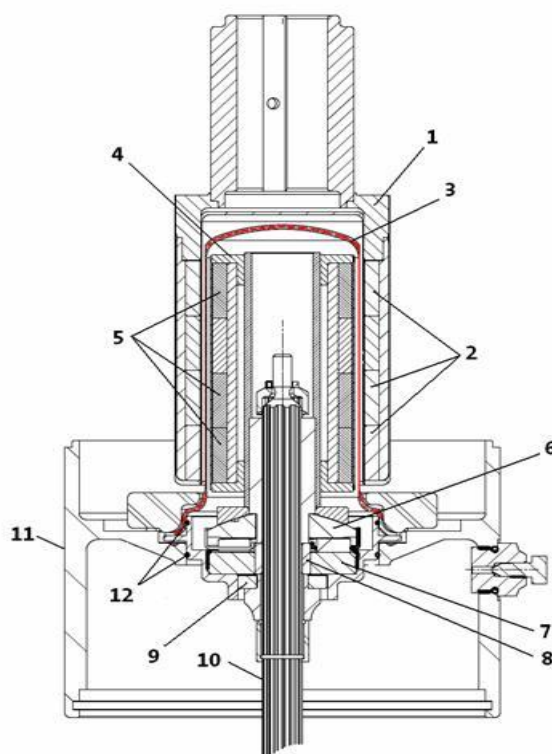
Рисунок 1.5 – Схема турбінного газового лічильника

Розглянемо детальніше механізм який здійснює облік газу, для аналізу самого відлікового механізму та принципу його роботи, а також, яким чином він передає вимірні дані на циферблат лічильного механізму. Для прикладу розглянемо турбінний лічильник з аксіальною турбінкою (він зображений на рис. 1.5). Випрямляч потоку являє собою, як правило, сопло з кільцевим перерізом, призначений для забезпечення однорідності потоку газу, що проходить через турбінку, і служить для усунення збурень потоку, які впливають на точність обліку газу. Вимірювальний механізм складається з аксіальної турбінки і редуктора. Вісь турбінки закріплена на двох, як правило, постійно змащуваних опорах, це гарантує довгий термін служби лічильника [3].

Передача обертів турбінки, до головки лічильника, може забезпечуватися за допомогою магнітної муфти або безпосередньої механічної передачі. У лічильнику, який зображений на рис.1.5, передача обертів здійснюється саме за допомогою такої магнітної муфти. Схему та її складові можна побачити на рис. 1.6 та 1.7.

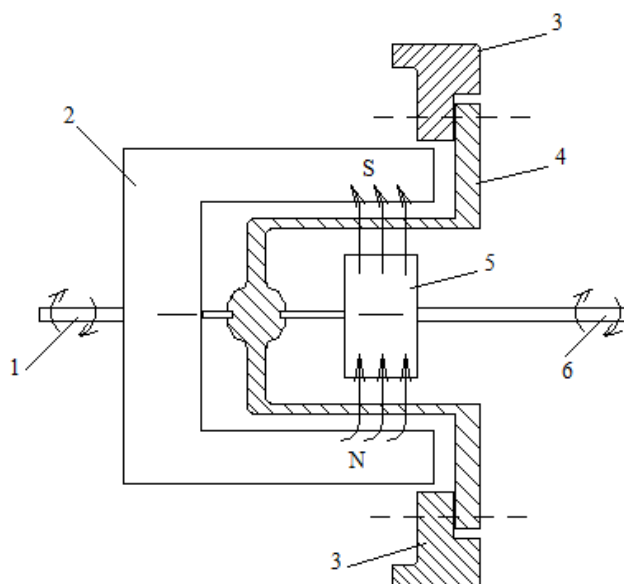
Магнітні муфти [5] застосовують у багатьох видах вимірювальних приладів, коли необхідно ізолювати дві частини приладу, що знаходяться під різними тисками рідин або газів. Конструктивно магнітні муфти мають різні виконання. Під тиском може знаходитися будь-яка половина муфти.

Рух від шестерні до лічильника передається за допомогою магнітної муфти. Вона відділяє внутрішні порожнини камери від зовнішнього середовища, тому не потрібно сальникові ущільнювачі, які в багатьох рідинних приладах є слабким місцем, оскільки збільшують тертя. Магнітна муфта (рис. 1.7) складається з постійного магніту у формі скоби і сердечника в формі молоточка. Між скобою і молоточком поміщається тонка циліндрична чашка з немагнітного матеріалу. Молоточок розташовується уздовж магнітних силових ліній між полюсами скоби. Якщо обертати скобу навколо осі, що проходить між її полюсами, вона буде захоплювати за собою і молоточок, пов'язаний з нею тільки силою магнітного притягання.



1 – ведуча муфта; 2 – ведучий магніт; 3 – гільза; 4 – ведена пів муфта; 5 – ведені магніти; 6 – обертовий упорний підшипник; 7 – нерухомий упорний підшипник; 8 – радіальний підшипник; 9 – верхній упорний підшипник; 10 – вал наносу; 11 – головна частина насосу; 12 – ущільнююче кільце;

Рисунок 1.6 – Магнітна муфта GRUNDFOS MAGdrive



1 – ведуча вісь; 2 – магнітна скоба; 3 – корпус лічильника; 4 – немагнітна перегородка; 5 – сталевий молоточок; 6 – ведена вісь;

Рисунок 1.7 – Будова магнітної муфти зі скобою

Магнітна скоба з'єднана з віссю вимірювального механізму всередині камери, а молоточок закріплений на вісь лічильника, що знаходиться за межами камери. Чашечка із немагнітного матеріалу служить перегородкою, що відділяє камеру з газом від зовнішнього середовища. Таким чином, обертання деталей всередині камери без будь-якого механічного щеплення, передається до зовнішніх деталей лічильного механізму газового лічильника.

Турбінні лічильники в експлуатації характеризуються високими надійністю та точністю вимірювання (клас точності 1.0), компактністю, малим співвідношення ваги і вимірюваної витрати, значним діапазоном вимірювання (100:1 і вище), можливістю обліку газу при високих тисках, вихід лічильника з ладу не припиняє подачу газу споживачеві [3].

Реальні конструктивні виконання та характеристики газових лічильників, різних виробників, як закордонних так і вітчизняних наведені нижче.

Роторний газовий лічильник РГА-Ех, призначений для вимірювання кількості газу, який протікає в трубопроводі при діючих тиску та температурі. Лічильники працюють при тисках газу до 1,0 МПа. Корпус та ротори лічильників виготовлені з алюмінієвих сплавів.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики роторного лічильника РГА-Ех

Найменування параметрів	Значення параметрів					
	G10		G16		G25	
	РГА	РГА-Ех	РГА	РГА-Ех	РГА	РГА-Ех
Номинальна витрата Q_{nom} , м ³ /год.	10,0		16,0		25,0	
Максимальна витрата Q_{max} , м ³ /год.	16,0		25,0		40,0	
Мінімальна витрата Q_{min} , м ³ /год. при співвідношеннях Q_{min}/Q_{max} :						
1:30	-	0,53	-	0,83	-	1,3
1:50	0,32	0,32	0,5	0,5	0,8	0,8
1:100	0,16	0,16	0,25	0,25	0,4	0,4
Вихідний сигнал (типу "сухий контакт"), імпульси на м ³	-	100	-	100	-	100
Максимальний робочий тиск, МПа	0.005	0.3	0.005	0.3	0.005	0.3
Діапазон вимірювань	1:50				1:50	1:30 1:50
Границі основної відносної похибки, %						
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	±2,0					

Продовження таблиці 1.2

1	2				
$Q_{t \leq Q} \leq Q_{max}$	±1,0				
Номинальний діаметр (DN)	32		40		
Умови експлуатації:					
температура, °C	від мінус 25 до 50				
відносна вологість до, %	98				
Габаритні розміри, мм	205	205	205	205	300
	103	103	103	103	140
	102	110	102	110	130

Побутові лічильники газу “GMS-ARSENAL” типорозмірів G2,5, G4, G6 призначені для виміру обсягу природного газу за ДСТ 5542-87 та інших неагресивних газів щільністю не менше $0,67 \text{ кг/м}^3$. Застосовуються для обліку обсягу газу, у тому числі комерційного, у комунально-побутовій сфері [6].

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики побутових лічильників газу “GMS-ARSENAL”

Один. умовно го проходу DN, мм	Типорозмір	Q_{max} , $\text{м}^3/\text{год.}$	Q_{min} , $\text{м}^3/\text{год.}$	Q_{start} , $\text{м}^3/\text{год.}$	P_{max} , кПа	Втрата тиску, Па, не більше
23	G2.5	4	0.06	0.008	100	200
	G4	6	0.07	0.008		200
	G 6	10	0.08	0.008		200

Промислові лічильники газу GMS типорозмірів, що зазначені в табл. 1.4 призначені для виміру обсягу природного газу та інших неагресивних газів щільністю не менше $0,67 \text{ кг/м}^3$. Використовують їх в газовій, газопереробній та інших сферах промисловості [7].

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики лічильників газу типу GMS

DN, мм.	Типорозмір	Q_{max} , м^3	Діапазон	Q_{min} , м^3	Q_{start} , м^3	Імпульсів на 1 м^3	Максималь ний робо чий тиск, МПа	Втрата тиску, Па не більше
32	G 10	16	1:100	0.16	0.05	10	0.6	200
	G 16	25	1:100	0.25	0.06			200
	G25	40	1:100	0.40	0.08			200

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	G 16	25	1:100	0.25	0.06		1.0	200
	G25	40	1:100	0.40	0.08			200
	G40	65	1:100	0.41	0.10			200
	G65	100	1:160	1.00	0.12			200
50	G65	100	1:100	1.00	0.20			200
80	G65	100	1:100	1.00	0.20	1	1.0	200
	G100	160	1:100	1.60	0.30			250
	G 160	250	1:160	1.60	0.30			300
	G250	400	1:100	4.00	0.30			400

Промисловий лічильник газу типу Delta призначений для комерційного обліку витрати природного газу та інших неагресивних газів при тиску до 94 бар (9.4МПа). Вони можуть мати спеціальне виконання для обліку водню та кисню.

Лічильники типорозмірів від G10 до G650 забезпечують вимірювання об'ємної витрати газу в діапазоні від 0,5 м³/год до 1000м³/год в трубопроводах з діаметрами умовного проходу від 40 до 150 мм [8].

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики лічильника газу типу Delta

Тип	G	Ду	Qmin/ Qmax	Qmax, м ³ /год	Qmin, м ³ /год	Pmax	Тип з'єднання
Delta 2040	G16	40	1:50	25	0,5	12	різьбове
Delta 2040	G25	40	1:100	40	0,4	12	різьбове
Delta 2040	G40	40	1:100	65	0,6	12	різьбове
Delta 2050	G16	50	1:50	25	0,5	16	фланцеве
Delta 2050	G25	50	1:100	40	0,4	16	фланцеве
Delta 2050	G40	50	1:160	65	0,4	16	фланцеве
Delta 2050	G65	50	1:200	100	0,5	16	фланцеве
Delta 2050	G100	50	1:200	160	0,8	16	фланцеве
Delta 2080	G100	80	1:200	160	0,8	16	фланцеве
Delta 3080	G160	80	1:200	250	1,3	16	фланцеве
Delta 2100	G250	100	1:160	400	2,5	16	фланцеве
Delta S3F	G400	150	1:130	650	5,0	16	фланцеве
Delta S3F	G650	150	1:200	1000	5,0	16	

Промисловий лічильник газу типу TZ/Fluxi (турбінний) призначений для комерційного обліку витрати природного газу при тиску до 100 бар (10 МПа).

Лічильники типорозмірів від G65 до G6500 забезпечують вимірювання об'ємної витрати газу в діапазоні від 8 м³/год до 10000 м³/год в трубопроводах з діаметрами умовного проходу від 50 до 500 мм [9].

Таблиця 1.6 - Технічні характеристики лічильників газу типу TZ/Fluxi (турбінний)

Типорозмір	DN, мм	Q _{max} , м ³ /Г	Q _t , м ³ /Г	Q, м ³ /Г		Маса, кг
				Викон. А	Викон. Б	
G16	40	25	1,25	0,25	0,16	7,5
G25	50	40	2,0	0,40	0,25	7,5
G40	50	65	3,25	0,65	0,40	
G65	80	100	5,0	1,0	0,65	12,0
G100	100	160	8,0	1,6	1,0	15,0
G160	100	250	12,5	2,5	1,6	
G250	100	400	20,0	-	2,5	
G400	150	650	32,5	-	4,0	20,0

1.2 Сучасний стан пристроїв автоматизованого збору інформації з лічильників газу

Важливим для лічильників газу, як промислових так і побутових є не тільки облік газу, але й система збору, передачі, документації та обробки інформації, знятої з лічильного механізму газового лічильника.

Зазвичай збір інформації з лічильників газу проводиться за допомогою візуального зняття показів з лічильних механізмів. Але сьогодні, вчені та інженери намагаються більшість процесів автоматизувати, щоб позбутись похибок та виключити помилковість, яка притаманна людині. Науковий прогрес досягнув такого розвитку, що можна автоматизувати і процес збору інформації, отриманої з лічильних механізмів, як побутових газових лічильників, так і промислових. За допомогою комп'ютерів та відповідного програмного забезпечення, яке спеціально розробляється для певного середовища, можна здійснити збір та обробку інформації. Компанії та

виробники побутових і промислових газових лічильників намагаються автоматизувати цей процес для полегшення уніфікації результатів.

Компанія «САМГАЗ» пропонує систему обліку спожитого газу з дистанційним зняттям та передачею показань лічильників газу по радіоканалу на центральний диспетчерський пункт [10].

Система обліку обсягів споживання природного газу дозволяє організувати довільне число робочих місць з доступом до інформації щодо споживання газу по локальній мережі і через Інтернет.

Програмне забезпечення системи обліку дозволяє аналізувати профілі споживання такі як: год/день так і день/місяць, а також генерувати звіти по споживанню по заданому об'єкту на обрану дату для зручності аналізу даних, виписки рахунків і т. д., та передача цих даних в інші програми обробки даних. Аналіз погодинних профілів дозволяє виявляти квартири або будинки споживачів з витокami газу. Встановлення системи обліку можливе не тільки в багатоквартирних будинках, але також і в районах приватної забудови для окремих споживачів [8].

Передача даних по радіо, відсутність дротів, відсутність проміжних пристроїв, що встановлюються на сходових клітинах забезпечує захист від вандалізму і низькі витрати на розгортання системи. При розгортанні системи мережа передачі даних по радіо будується автоматично. Вихід з ладу окремих пристроїв не порушує функціонування системи обліку. Підтримка всіх моделей лічильників газу «САМГАЗ» і відсутність проектних робіт дозволяє розгорнути систему обліку, як у нових будинках, так і в тих, які вже здані в експлуатацію.

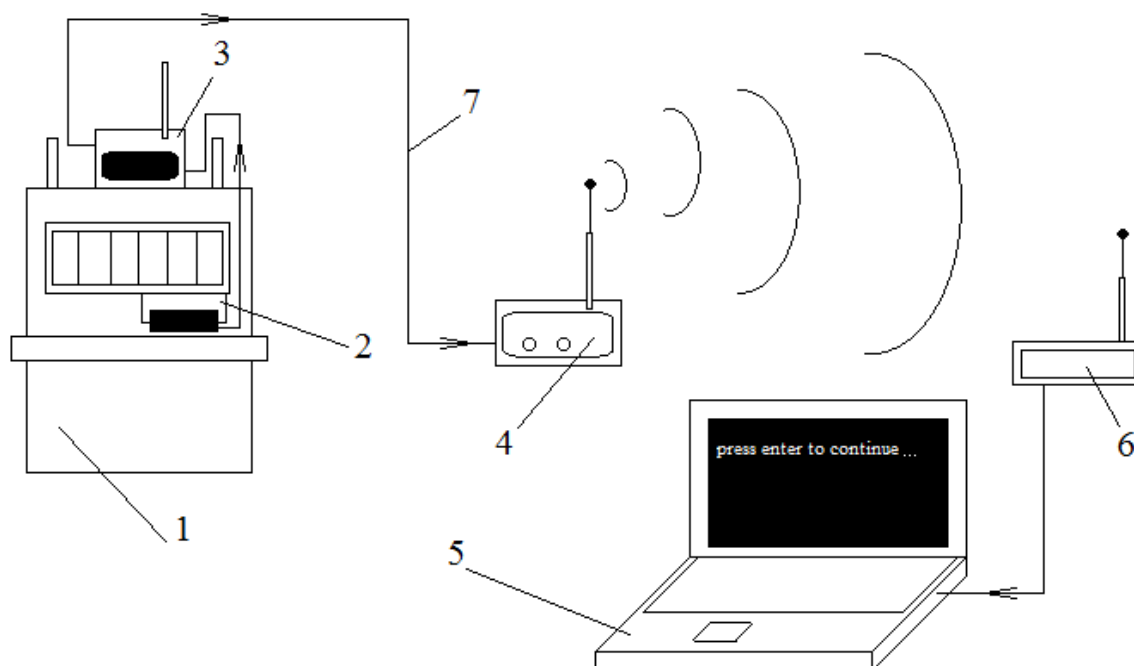
Передача зібраних даних здійснюється наступним чином. Зняті покази давачем імпульсів 2, з лічильного механізму побутового лічильника газу 1, передаються на радіомодуль 3. За допомогою каналу зв'язку 7, виміряна інформація поступає на радіомодем 4. Далі за допомогою радіозв'язку або через бездротовий Інтернет, виміряна інформація через Інтернет-модем 6, передається до сервісного центру на комп'ютер оператора 5. Схему здійснення

передачі даних з побутового лічильника газу за допомогою системи “Баланс” показано на рис. 1.8 [6].

Відліковий пристрій укомплектований полюсом постійного магнітного поля, що робить можливим монтаж і використання електричного імпульсного генератора низької частоти. Механізм температурної компенсації розташований на кривошипному механізмі лічильника. Основним елементом механізму є біметалічна пластина, яка змінює свою форму в залежності від температури.

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики системи “Баланс”

Частотний діапазон, МГц	Тип живлення, А·год	Фірма виробник	Потужність у відповідності з EN 300220, мВт	Термін служби літійової батареї, роки	Дальність зв'язку, м	Діапазон температур експлуатації, °С
433,05... 434,79	Літійова батарея 2.4	САМГАЗ	Не більше 10	Не менше 6	до 400	-20 + 65



1 – газівий лічильник; 2 – датчик імпульсів; 3 – радіомодуль; 4 – радіомодем; 5 – ПЕОМ; 6 – Інтернет-модем; 7 – канал зв'язку між радіомодулем і радіомодемом

Рисунок 1.8 – Схема передачі вимірної інформації з ПЛГ за допомогою системи “Баланс” [6].

Зміна форми біметалічної пластини змінює розмір ходу мембран і тим самим впливає на величину мірного об'єму. Механізм температурної компенсації відрегульований таким чином, що барабанний відліковий пристрій відображає об'єм газу, що пройшов через лічильник, приведений до температури 20°C. Газ, що проходить через лічильники, приводить у зворотньо-поступальний рух мембрани вимірювального механізму. Розподільча система перетворює зворотньо-поступальний рух мембран в обертний рух механічного барабанного відлікового пристрою. Відліковий пристрій показує об'єм газу, що пройшов через лічильник.

Основні функції системи:

- дистанційне зняття показань з лічильників газу;
- побудова звітів споживання по кожному об'єкту (погодинно, цілодобово, за місяць і т.д.);
- автоматичний контроль за витокami газу на основі аналізу погодинного споживання;
- контроль споживання при включенні;
- контроль напруги батареї;
- контроль низькочастотного датчика - обрив, замикання;
- контроль впливу зовнішнього магнітного поля.

Переваги використання системи дистанційної передачі інформації "САМГАЗ" є: оперативний баланс по кожному абоненту; оперативний баланс по заданому об'єкту (мережа споживачів); порівняння балансів по заданому об'єкту з технологічним або комерційним вузлами обліку газу. Виявлення втрат, абонентів (лічильників) з несправними лічильниками газу і т.д.; оперативний баланс газу за технологічними і комерційним вузлів обліку; дистанційна локалізація джерел втрат; виявлення несанкціонованих підключень; дистанційне управління активними елементами на інженерних спорудах у реальному масштабі часу для виведення на задані робочі режими (засувки на ДП, СКЗ, датчики тиску, температури, технологічні вузли обліку

тощо); формування звітів на задану дату, фіксація аварій, виявлення несправних датчиків, контроль робочого діапазону обладнання [1].

Питанням автоматизації процесу збору інформації також займаються багато інженерів та науковців, які працюють в дослідницьких університетах, що пов'язані з проблемами обліку газу та збору інформації з лічильних приладів. В дослідницьких лабораторіях проводяться різні випробування за для того, щоб розробити оптимальну систему для збору інформації, яка б відповідала певним критеріям та вимогам, мала б певний клас точності та максимально просто реалізувалась на практиці. Такі розробки закладають підґрунтя для наближення вирішення поставленої задачі. Нижче наведені деякі приклади таких розробок.

Одним з пристроїв для перетворення та представлення вимірювальної інформації у тахометричних лічильниках газу, є прилад який виконаний у вигляді оптичного чутливого перетворювального елемента швидкості потоку газу, у якому отвори або інші мітки на диску перетворювального елемента розміщені у відповідності до квазітрійково маніпульованих елементів кодової послідовності базису Галуа [11].

Однак, даний пристрій не може бути використаний у засобах без таких елементів, наприклад у мембранних побутових лічильниках газу, де відсутні обертові чутливі елементи. В умовах обліку газу побутовими лічильниками переважно використовуються візуальний збір інформації, який передбачає відлік показів за певний період їх експлуатації, наприклад через місяць.

Поряд з цим при визначенні похибки лічильників необхідне їх оснащення додатковими пристроями, які би підняли точність збору вимірювальної інформації. Одним із варіантів вирішення цього завдання є лічильник газу, який містить вимірювач з чутливим елементом, давач положення чутливого елемента (давач обертів) та реєструючий пристрій у вигляді електронного перетворювача на основі персональної ЕОМ для коригування систематичної складової похибки при будь-якому значенні поточної витрати в робочому діапазоні лічильника газу [11].

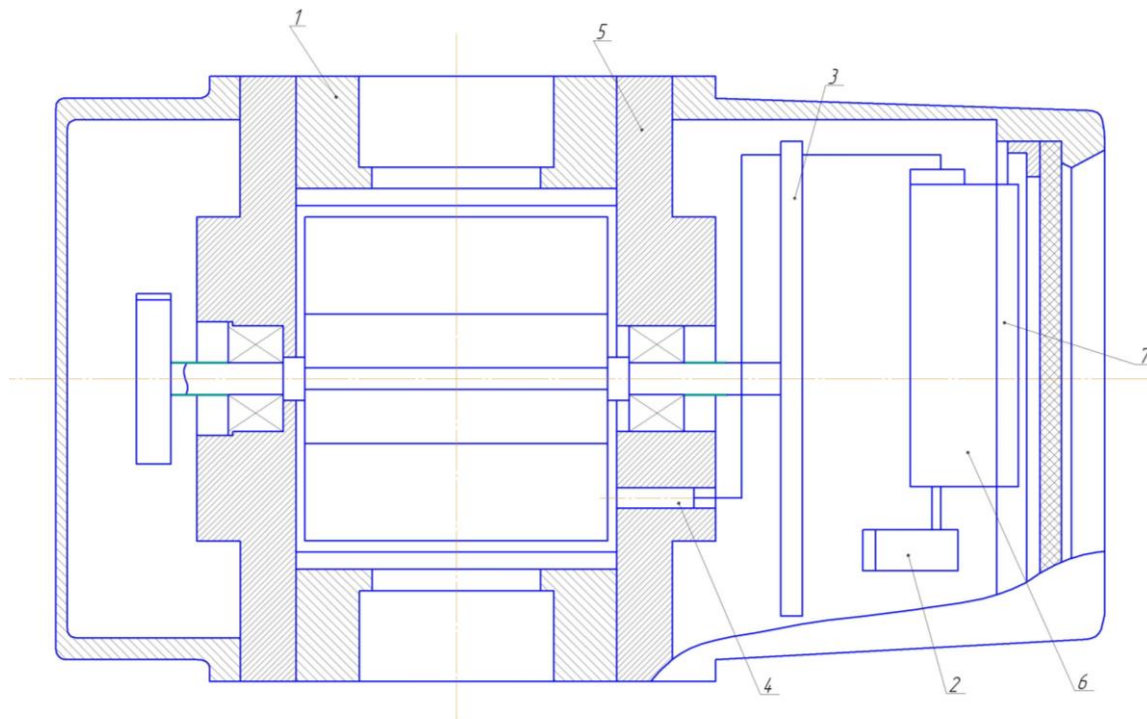
Проте, такий лічильник характеризується складністю конструктивного виконання, оскільки потребує додаткового конструктивного вдосконалення лічильників із обертовим чутливим елементом і не може бути використаний у лічильниках, у яких відсутній обертовий чутливий елемент.

У статті [12], також йде мова про вдосконалення підходів до реалізації методів і засобів експрес-контролю побутових лічильників газу. Для вказаних цілей пропонується використати вимірювальний прилад “Hontzsch HFA-Ex”, який призначений для промислових потреб та складається з турбінно-потокowego сенсора і блоку оброблення результатів. Контроль та перевірка побутових лічильників газу здійснюється за допомогою високоточних портативних пристроїв обліку швидкості потоку газу. Проте в даній статті описана сама методика здійснення такого контролю і не розглянута методика збору інформації. Також основним недоліком даного підходу є те, що вона потребує безпосереднього під'єднання вимірювальної ділянки до газової мережі через гнучкі шланги між лічильником газу і газовим приладом, тобто дана методика не виконуватиме поставлені вимоги.

Ще однією відомою розробкою [13], яка може реалізувати методику контролю ПЛГ, є лічильник газу (рис. 1.9), в якому через вимірювач 1, під дією перепаду тиску на вході і на виході, чутливий елемент починає обертатись. Обертаючись, чутливий елемент приводить в рух крильчатку 3. Давач обертів 2 перетворює рух крильчатки в електричні імпульси, що надходять до перетворювача 6. Давач температури 4 виміряє температуру в середині лічильника газу, аналогічно датчик тиску 5 виміряє тиск та передає його до перетворювача. Отримані сигнали обробляються за допомогою електронного перетворювача. Після обробки даних він обчислює пройдений об'єм газу, з поправкою на зміну температури і тиску. За допомогою програми, виводить отриману інформацію на екран 7.

Вказане доповнення лічильника системою збору інформації, ускладнює конструкції і вартість лічильників, тому не може бути використане для всіх лічильників. Доцільним є застосування їх при метрологічних дослідженнях.

Отже, як видно, здійснити автоматизований збір інформації та її документування можливо, проте не всі прилади годяться для цього, враховуючи їхню конструкцію, яка часто вимагає втручання до внутрішніх вузлів та елементів газових лічильників.



1 – вимірювач; 2 – датчик обертів; 3 – крильчатка; 4 – датчик температури;
5 – датчик тиску; 6 – електронний перетворювач; 7 – дисплей;

Рисунок 1.9 – Вдосконалений лічильник газу для здійснення контролю параметрів газу

1.3 Особливості програмного забезпечення реалізації вимірювальних алгоритмів при експлуатації і метрологічних дослідженнях лічильників газу

В попередніх підрозділах, було описано прилади та методи, за допомогою яких можна здійснювати облік газу, а також яким чином можна цей процес автоматизувати. Також було здійснено аналіз, як здійснюється передача пройденого об'єму газу через лічильник, до лічильного механізму. Тепер розглянемо конкретніше, як же реалізувати на практиці таку систему, яка б дала

зможу здійснювати контроль параметрів газу і водночас вести його облік, з точки зору програмного забезпечення. Нами визначено, що для точного контролю об'єму газу та для автоматизації цього процесу, необхідно використати сучасну обчислювальну техніку, яка б стежила за показами лічильного механізму. Проте це реалізувати не завжди так просто, як здається на перший погляд. На промислових об'єктах чи в побуті, для здійснення автоматизованого збору інформації застосовують спеціальні прилади – коректори газу. Вони допомагають стежити за параметрами газу, виміряти його температуру, вологість та тиск. Застосовуються коректори в комплекті з лічильниками газу на газорозподільних мережах низького і середнього тиску, на вузлах обліку природного газу, промислового й комунально-побутового призначення, у тому числі комерційного, для забезпечення обліку об'єму газу на одному газопроводі [14].

Коректори газу призначені для вимірювання абсолютного тиску та температури газу, а також обчислення об'єму природного газу, що пройшов через лічильник газу в робочих умовах.

Вітчизняними та закордонними виробниками виготовляється ряд коректорів газу, що призначені саме для здійснення контролю параметрів газу, та разом з лічильниками газу здійснюють його облік. Деякі приклади таких приладів наведено нижче.

Коректори газу УНІВЕРСАЛ-М (МТ) виготовляються українським підприємством ТОВ НВП “ГРЕМПС”, із застосуванням вітчизняного мікропроцесорного обчислювача "Універсал", який на сучасному рівні вирішує задачі обліку на промислових підприємствах, забезпечуючи високу точність, раціональність і економічність режиму споживання енергоносіїв [14].

Коректори призначені для вимірювання:

- абсолютного тиску (тільки для УНІВЕРСАЛ-М) та температури газу;
- об'єму природного газу згідно ГОСТ 5542-87, що протікає через лічильник в робочих умовах, зведеного до стандартних умов згідно ГОСТ 2939-63

(температура 20°C (293,15 К), тиск 1,0332 кгс/см² (101,325 кПа)), з урахуванням щільності газу, вмісту в ньому азоту (N₂) та двооксиду вуглецю (CO₂).

Застосовуються в комплекті з лічильниками газу на газорозподільних мережах низького і середнього тиску на вузлах обліку природного газу промислового та комунально-побутового призначення. Вихідний сигнал лічильника газу повинен бути імпульсний - типу "сухий контакт" з максимальною частотою 2 Гц і тривалістю імпульсу не менше 80 мс. Коректори мають можливість програмування ціни імпульсу від 0,1 до 100 імп/м³, з дискретністю 0,1 імпульсу. Коректори відповідають вимогам ГОСТ 12997-84, кліматичне виконання УХЛ категорії розміщення 3.1 за ГОСТ 15150-69 (група виконання С4 згідно ГОСТ 12997-84) і призначені для експлуатації при температурі навколишнього повітря від мінус 30°C до плюс 70°C, відносної вологості до 95% при 35 °С і атмосферному тиску від 84 кПа до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм.рт.ст.) [14].

Коректори УНІВЕРСАЛ-М вимірюють абсолютний тиск газу в діапазонах:

- для коректорів з P_{max} 160, 250, 400 кПа - від 84 кПа до P_{max};
- для коректорів з P_{max} 600, 1000, 1600 кПа - від 0,2 · P_{max} до P_{max};

Межі основної приведенної похибки коректорів, віднесені до P_{max}, при вимірюванні абсолютного тиску газу не перевищують 0,25%.

Нижче наведений закордонний зразок газового коректора. Виготовлений даний прилад компанією Actaris Itron International, представництва якого є в багатьох країнах Європи, не виключенням є і Україна [29].

Електронні коректори об'єму газу SEVC-D (Corus) – призначені для вимірювань в робочих умовах обсягу природного газу, що пройшов через лічильник, і автоматичного перетворення цього обсягу до стандартних умов за значеннями тиску і температури, виміряних коректором, і розрахованому коефіцієнту стисливості природного газу. Область застосування – вузли обліку природного газу різних підприємств. Схема кріплення газового коректора на роторному лічильнику "DELTA", показаний на рис. 1.10.

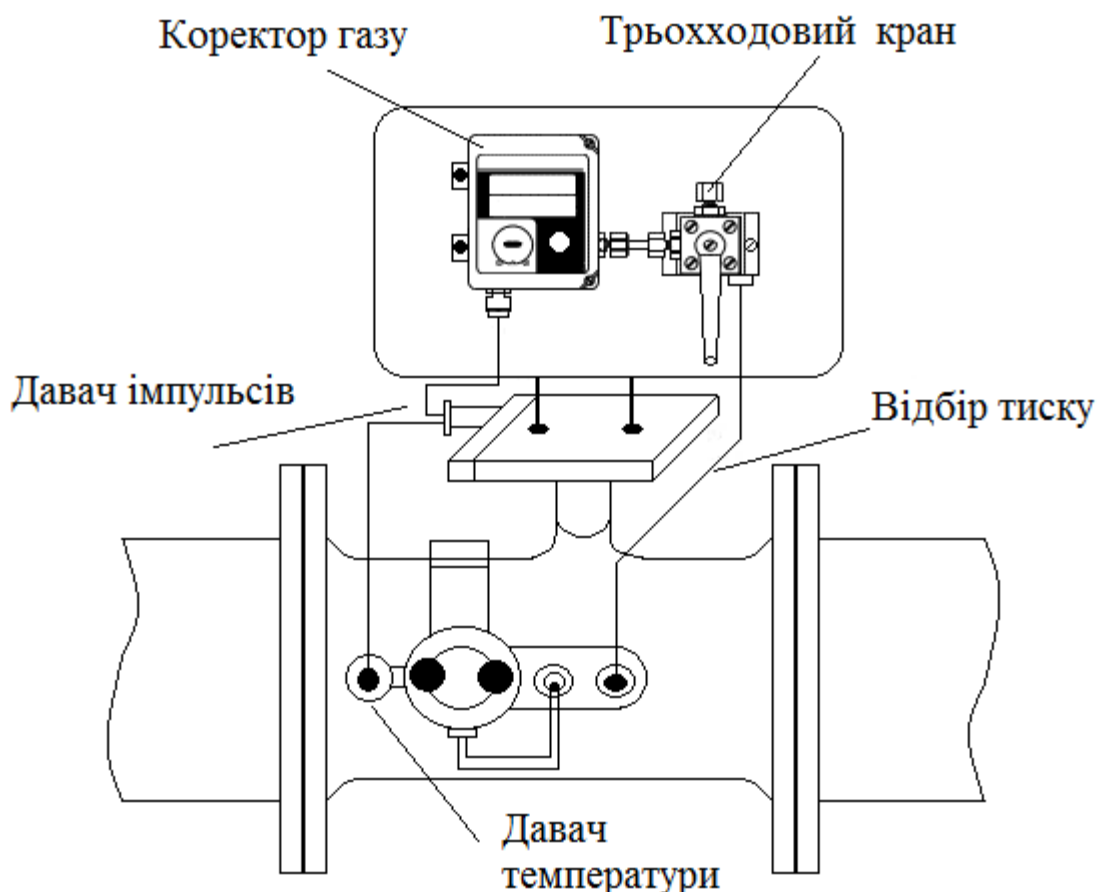


Рисунок 1.10 – Вигляд закріпленого коректора газу SEVC-D на роторному лічильнику "DELTA" Itron (Actaris)

Коректор складається з термоперетворювача опору (далі по тексту – термоперетворювач), датчика абсолютного тиску (далі по тексту – датчик тиску) і блоку коректора. Блок коректора виконаний для настінного монтажу в полікарбонатному корпусі зі ступенем захисту IP 65(International Protection- міжнародний захист). Кришка корпусу з'єднана з основою коректора за допомогою шарнірного з'єднання,полегшуючого вільний доступ до всіх основних елементів приладу. Термоперетворювач перетворює температуру газу в пропорційний електричний сигнал. Датчик тиску перетворює абсолютний тиск газу в пропорційний електричний сигнал [29].

У складі коректора є три плати:

- плата рідкокристалічного дисплея;

- процесорна плата, на якій встановлені ключові компоненти приладу (мікроконтролер і периферійні пристрої: модулі оперативної і флеш-пам'яті);
- плата блоку вводу/виводу, на якій розташовані всі рознімання, мікросхеми для збору даних тиску і температури, обробки низькочастотних (НЧ) імпульсів, аварійних імпульсів порушення захисту, цифрових вхідних і вихідних імпульсів, порт RS232 і батарея.

Мікропроцесорний блок коректора, здійснює облік газу наступним чином. Коректор обчислює об'єм пройденого газу через лічильний механізм газового лічильника, а далі за допомогою датчика імпульсів, який має контакт з обертовим лічильним механізмом, шляхом множення кількості імпульсів, що надійшли від лічильників газу, на номінальну ціну імпульсів, обчислює об'єм газу, приведений до стандартних умов, за формулою [3]:

$$V_c = V \frac{P \cdot T_c \cdot Z_c}{P_c \cdot T \cdot Z} = VC \quad (1.1)$$

де V – об'єм газу, виміряний лічильником газу, м^3 ; V_c – об'єм газу, приведений до стандартних умов, м^3 ; T – абсолютна температура газу, виміряна коректором, K ; T_c – абсолютна температура газу при стандартних умовах ($293,15 \text{ K}$); P – абсолютний тиск газу, виміряний коректором, бар; P_c – абсолютний тиск газу при стандартних умовах ($1,01325 \text{ бар}$); Z – коефіцієнт стисливості газу при робочих умовах (P, T); Z_c – коефіцієнт стисливості газу при стандартних умовах (P_c, T_c); C – коефіцієнт корекції.

Оскільки коректори газу, є приладами які працюють на базі мікропроцесорного обчислювача, та мають можливість підключення до ЕОМ, то для керування і виконання усі поставлених задач перед таким приладом, йому необхідне програмне забезпечення та алгоритми, за якими він зможе виконувати певні дії. Усі коректори газу мають програмне забезпечення, через яке їх легко підключити до персональних чи переносних ЕОМ [15].

Основою коректорів та обчислювачів є мікропроцесорний вузол, який здійснює збір та обробку вхідних сигналів. Обчислювач являє собою самостійний мікропроцесорний вузол, до якого можна під'єднати давачі тиску

та температури по декілька пар, залежно від кількості вимірюваних трубопроводів.

Коректор являє собою мікропроцесорний блок разом із давачами тиску та температури. Коректори градууються разом із давачами. Коректори та обчислювачі проводять обчислення об'єму газу, що протікає по трубопроводу в робочих умовах V_p та в нормальних умовах V_n за формулою:

$$V_n = V_p \cdot \frac{P_a + P}{P_n} \cdot \frac{273.15 + t_n}{273.15 + t} \cdot \frac{1}{K}, \quad (1.2)$$

де P_a , P_n — значення атмосферного тиску та тиску за нормальних умов, кПа;
 P — надлишковий тиск в трубопроводі, кПа; t_n , — значення температури газу за нормальних умов; t — значення температури газу в трубопроводі, °С;
 K — коефіцієнт стисливості газу розрахований за правилами РД 50-213-80, або AGA-NX-19, GERG-91 [3].

Значення густини газу, вмісту азоту та вуглекислого газу в газі вносяться в коректори та обчислювачі за допомогою клавіатури за результатами вимірювань складу газу постачальником (споживачем) газу. Значення цих домішок регламентовано в спеціальних документах.

Основною функцією більшості коректорів [3] чи обчислювачів об'єму газу є перерахунок об'єму газу, який пройшов через лічильний механізм газового лічильника (роторного, турбінного), з врахуванням таких трьох параметрів: температури, вологості та тиску вимірюваного середовища. Найбільш поширеним варіантом реалізації комплексу програмного забезпечення таких пристроїв є розробка двох його частин:

- програма забезпечення функціонування обчислювального блоку;
- програма-інтерфейс реалізації обміну даними ПЕОМ з обчислювальним блоком та забезпечення довідникових інформаційних масивів роботи блоку обчислення.

Обидві частини є універсальними відносно моделі чи серії коректорів. Програмне забезпечення функціонування обчислювального блоку є

автономним і може функціонувати незалежно, виконуючи всі необхідні функції корекції об'єму та збереження поточних даних дискретних вимірювань в обмеженій кількості.

Блок підпрограм вимірювання та поточного діагностування працездатності інформаційно-вимірювальних каналів починає працювати при включенні обчислювача, їх функціонування не залежить від роботи процедур термінального блоку підпрограм. За наявності аварійної ситуації процедура діагностування заносить в пам'ять обчислювача час виникнення поломки та номер каналу. Крім того, для каналів вимірювання температури та тиску відбувається встановлення постійних величин їх значень без вимірювання з попередньо занесених для такого випадку списку констант.

Обчислення скоректованого об'єму відбувається згідно з встановленою формулою, в якій враховано коефіцієнти стискуваності газу, виміряну температуру та тиск. Дані, що поступають з інформаційно-вимірювальних перетворювачів, заносяться в пам'ять обчислювача з подальшим усередненням за встановлені періоди часу. Всю збережену інформацію можна переглянути в термінальному режимі роботи.

Програма-інтерфейс реалізації обміну даними ПЕОМ призначена для зручного конфігурування обчислювача, ведення довідкових інформаційних масивів, а також якості терміналу.

Перш ніж програмувати мікропроцесори, та писати для них програмне середовище, необхідно скласти блок-схему, по якій можна перевірити, чи належним чином працює програма та слідкувати поетапно за її роботою. Нижче наведені приклади блок-схем робочих вузлів та вимірювальних каналів (рис 1.13 та 1.14).

Термінальний режим роботи в такій програмі забезпечує можливість перегляду поточних даних з інформаційно-вимірювальних каналів, а також обчислених на їх основі значень об'єму та об'ємної витрати. Крім того, можна отримати інформацію про аварійні ситуації та несанкціоновані втручання, що відбувалися протягом попереднього етапу вимірювання. Процедура

конфігурування обчислювача, дає змогу задати адресу конкретного обчислювача, встановити період опитування інформаційно-вимірювальних каналів, задати межі вимірювального обчислювача [29].

Режим обслуговування обчислювача забезпечує проведення процедур градування та повірки, а також дає можливість проконтролювати стан обчислювача та наявності аварійних ситуацій [3].

Коректори подібних типів оснащено пам'яттю великого об'єму для годинних, добових і місячних архівів, подій і аварій.

Передача зібраної інформації протягом певного періоду здійснюється трьома способами: безконтактний інфрачервоний інтерфейс; кабельний інтерфейс з дальністю зв'язку до 2500 м, а також телефонний модемний і GSM канали. Така опція як збереження, накопичення та передача зібраної інформації є дуже корисною, оскільки немає необхідності постійно контролювати параметри самотійно, а можна просто вкінці певного періоду, коли нам саме необхідно зняти зібрану інформацію з коректора газу, та опрацювати її безпосередньо на робочому місці.

Монтаж коректорів газу здійснюється також в досить простий спосіб, в залежності від різних моделей. Такі пристрої є дуже надійними, мають гарантійне обслуговування та забезпечують досить точний контроль параметрів газу, але зазвичай встановлюється на промислових об'єктах.

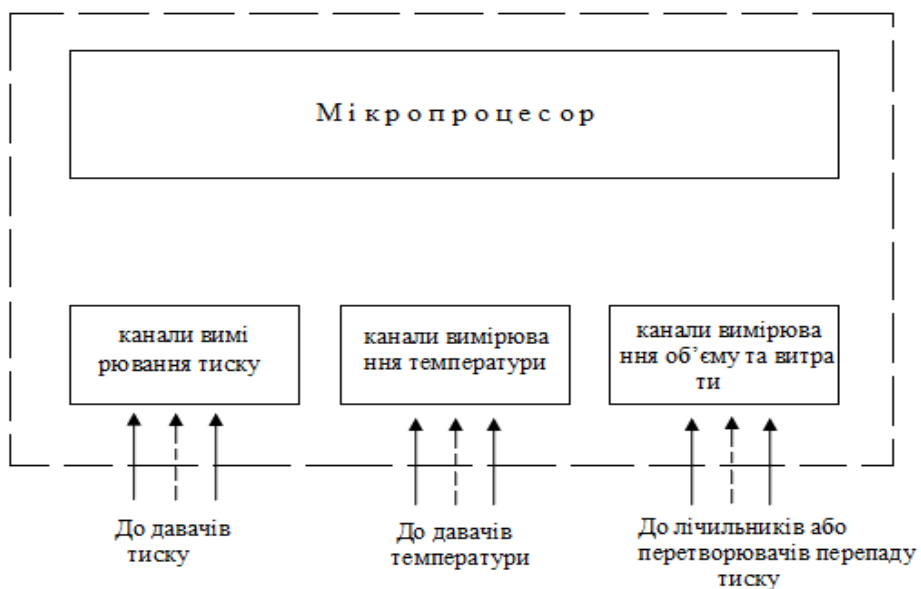


Рисунок 1.11 - Структурна схема обчислювача об'єму та об'ємної витрати

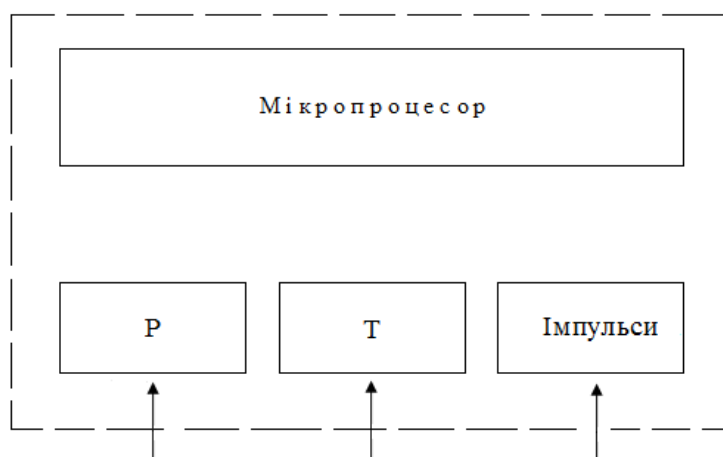


Рисунок 1.12 - Структурна схема коректора об'єму газу

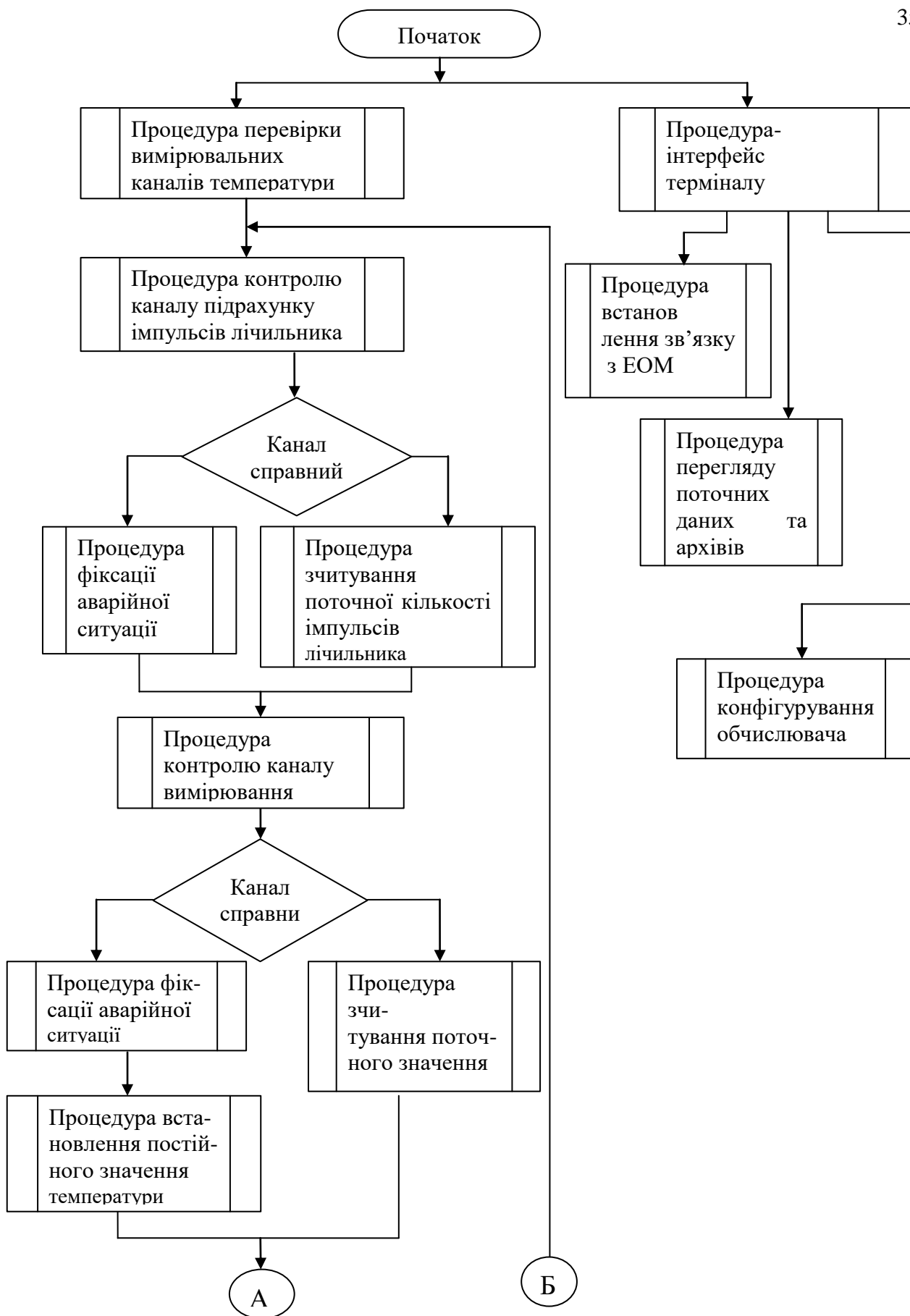
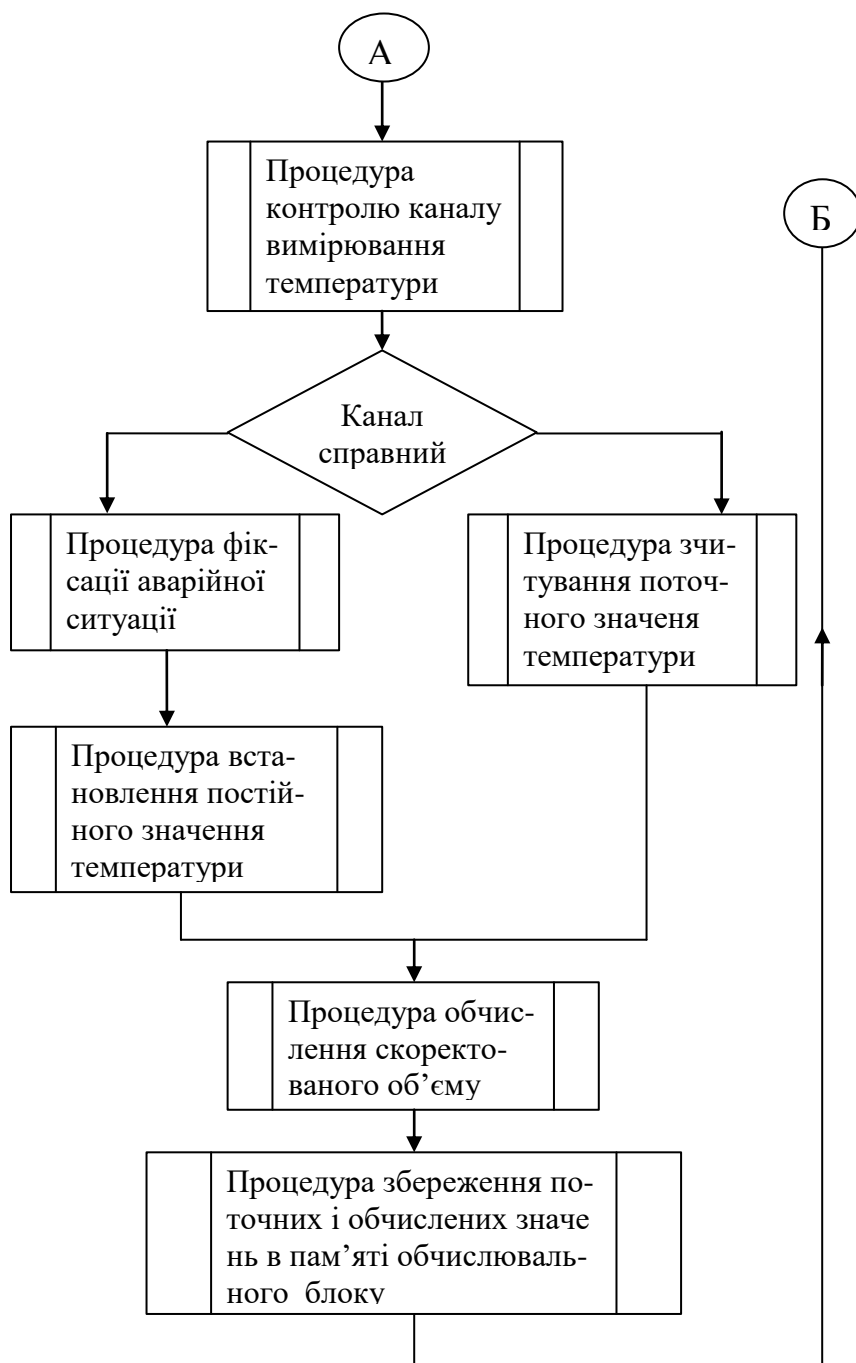


Рисунок 1.13 – Блок-схема алгоритму програми забезпечення функціонування обчислювального блоку [14]



Продовження рисунку 1.13

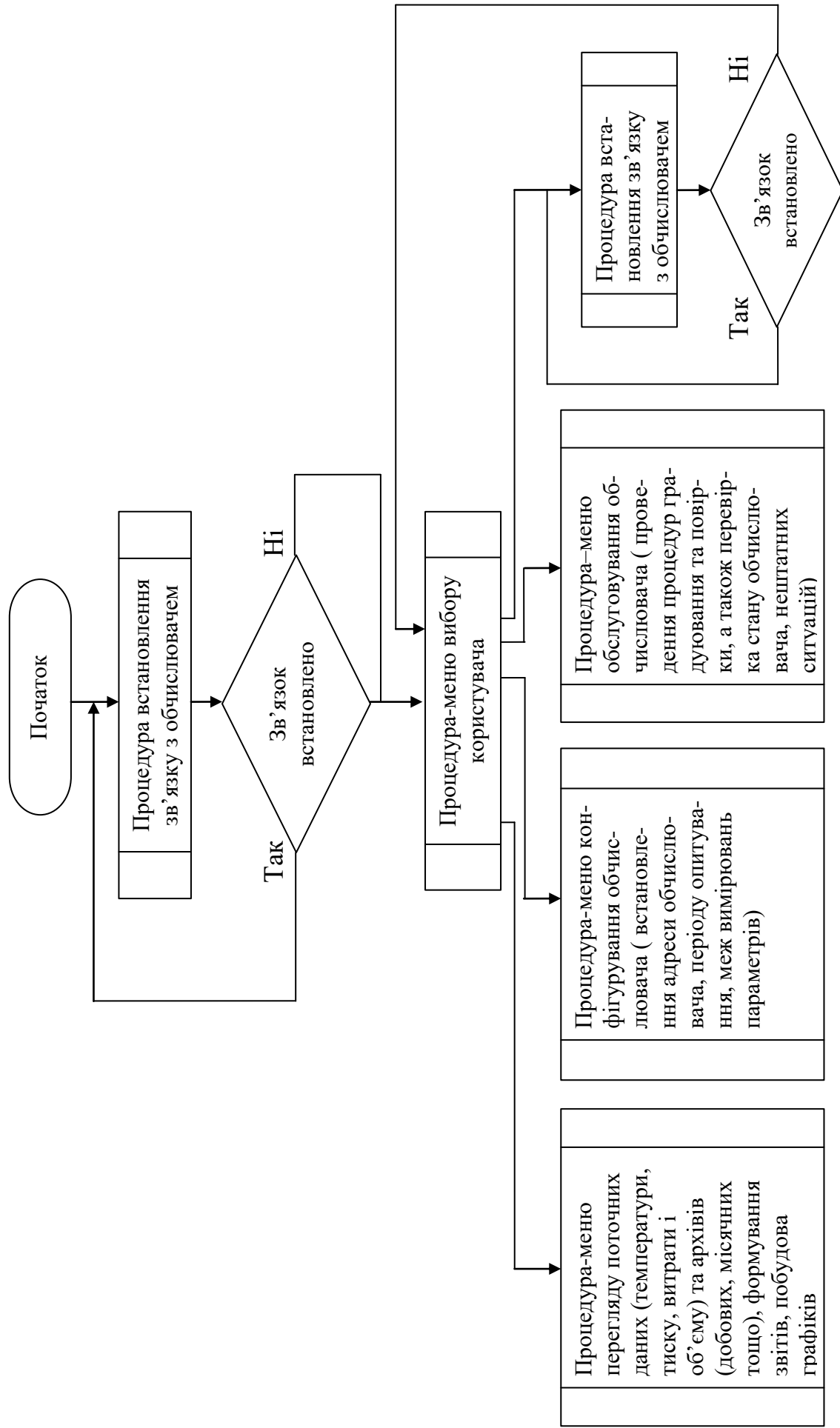


Рисунок 1.14 - Загальна структура алгоритму програми-інтерфейсу реалізації обміну даними з ПЕОМ

1.4 Постановка задачі на магістерську роботу

Основною проблемою застосування існуючих приладів, які б дали змогу фіксувати та документувати отриману інформацію, зняту з лічильних механізмів під час експлуатації при повірці побутових газових лічильників, являється те, що вони вже змонтовані в житлових будинках, без будь-яких додаткових відлікових приладів і передбачають візуальний контроль. Наявність систем дистанційного передавання інформації “САМГАЗ”, забезпечує велику дискретність передавання інформації, яка становить один оберт барабана відлікового механізму найменшого розряду. Тому це виконання не може бути застосоване в повірці ПЛГ.

Доповнення побутових лічильників пристроями збору інформації з роторів (для роторних лічильників) або спеціальними оптичними давачами зі шкали відліку механічно суттєво ускладнить конструкцію лічильників і є недоцільним, для застосування у газоспоживачів. Виходячи з цих міркувань, завданням магістерської роботи є вдосконалення системи збору і обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу при їх метрологічних дослідженнях. Для виконання цього завдання необхідно вирішити такі питання:

- узагальнити види і особливості метрологічних досліджень лічильників газу;
- розробити структурну схему збору вимірювальної інформації з ПЛГ;
- розробити конструктивні рішення при створенні системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ;
- розробити програмне забезпечення для обробки вимірювальної інформації з ПЛГ;
- здійснити метрологічні дослідження вдосконаленої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу;
- дослідити питання безпечної експлуатації системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

2 РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ І ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Здійснивши аналіз лічильних механізмів, та вивчивши технічні характеристики побутових і промислових лічильників газу, а також їх конструктивні елементи, ми вияснили, що спростити повірку цих приладів, можна шляхом застосування автоматизованого збору інформації, яка б документувалась в той момент, коли фіксується результат показів на лічильному механізмі. Це б дало змогу фіксувати отриману інформацію, з газового лічильника в динаміці.

Для того щоб спростити процес повірки, необхідно розробити систему, яка б дала змогу фіксувати автоматично інформацію з газових лічильників. Суть такої системи полягає в тому, що вона фіксувала б інформацію з лічильного механізму та документувала б її, не зупиняючи газові лічильники, оскільки в ній застосовується фото фіксуюча техніка. Відповідно, за допомогою подібної системи, можна було б і не знімати газові лічильники з житлових будинків, а здійснювати повірку не тільки в повірочний період (раз на 5 чи 8 років , в залежності від типу та року випуску лічильника) але і в міжповірочний період, оскільки плинність показів лічильників спостерігається на протязі повірочного періоду. Також існує думка, що необхідно проводити повірку газових лічильників, в той момент коли він здійснює облік, тобто в динаміці, а не в статистиці, а здійснити це незброєним оком, без похибки є практично неможливим.

Оскільки системи, яка б вирішувала усі ці питання на даний час немає, а аналоги які існують є досить кошовними та потребують механічного втручання в сам лічильний прилад, виникла необхідність в розробці системи автоматизованого збору інформації, під час повірки побутових лічильників газу.

2.1 Види і особливості метрологічних досліджень лічильників газу

2.1.1 Визначення метрологічних характеристик при первинній і періодичній повірці

Повірку газових лічильників зазвичай здійснюють в декілька етапів, наступним чином: декілька лічильників однієї ж моделі під'єднують до системи газопостачання. Далі візуально знімають попередні дані з циферблатів та записують їх. Подавши фіксований об'єм газу, який буде проходити через газові лічильники, спалюють його (або просто пропускають через ряд лічильників). Після того як фіксований об'єм газу пройшов через усі газові лічильники, зупиняють подачу та знімають отримані дані з лічильних механізмів. Віднявши фіксований об'єм газу, що пройшов, від початкових значень та порівнявши їх з метрологічними, тобто тими значеннями, що отримали при пропусканні такого ж об'єму через повірочні установки (дзвонова) або зразкові лічильники, роблять заключення і висновок про справність газового лічильника. У випадку відхилень від істинних значень, лічильник при можливості ремонтується, а якщо ремонт не можливий в зв'язку із зношенням певних деталей, він замінюється на новий.

Повірка засобів вимірювання регламентується певними документами. Такими документами в нашій державі виступають закон “Про метрологію та метрологічну діяльність”, різні нормативні документи та ГОСТи, а також “Національний стандарт України”. Останній стосується окремо певного виду вимірювального засобу.

Згідно із статтею 16 Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 11.02.98 №113/98-ВР [16] державний метрологічний нагляд стосовно засобів вимірювальної техніки поширюється на вимірювання, результати яких використовуються під час обліку енергетичних і матеріальних ресурсів (електричної і теплової енергії, газу, води, нафтопродуктів тощо).

Засоби вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, дозволяється застосовувати, випускати з виробництва, ремонту та у продаж і видавати напрокат лише за умови, якщо вони пройшли повірку або державну метрологічну атестацію.

Повірка засобів вимірювальної техніки – це встановлення придатності засобів вимірювальної техніки, на які поширюється державний метрологічний нагляд, до застосування на підставі результатів контролю їхніх метрологічних характеристик [17].

Національний стандарт України ДСТУ EN 1359: 2006 визначає вимоги та випробування для конструкції, характеристик і безпеки мембранних лічильників газу (далі – лічильників), що мають один коаксіальний або два з'єднувальних патрубки, які застосовують для вимірювання об'ємів паливних газів 1-ої, 2-ої та 3-ої категорій використання, відповідно до EN 437:1993, з максимальним робочим тиском до 1 бар і максимальними фактичними витратами до 160 м³/год у діапазоні температур газу і навколишнього середовища від мінус 5°C до +35°C. (класифікують гази в Україні відповідно до чинного ГОСТ 5542) [18].

Вхідний контроль та організація його проведення зорієнтовані, перш за все, на лічильники, які надходять безпосередньо від постачальника (виробника) на склад одержувача – підприємства з газопостачання і газифікації, а метою проведення вхідного контролю є попередження надходження на об'єкти експлуатації дефектних лічильників або лічильників, які не відповідають діючим стандартам і технічним умовам, кресленням, зразкам, маркуванню, супровідній документації, а також спеціальним вимогам, передбаченим договором (контрактом) на поставку (закупівлю) лічильників, в тому числі до комплектності поставки.

Засоби вимірювальної техніки, призначені для серійного виробництва або для ввезення на територію України партіями, підлягають державним приймальним та контрольним випробуванням з метою затвердження типів цих засобів або контролю їх відповідності затвердженим типам і обов'язковим вимогам

нормативних документів із метрології (зокрема, ДСТУ 3336-96 “Лічильники газу побутові. Загальні технічні вимоги”). Затверджені типи засобів вимірювальної техніки заносяться Держспоживстандартом України до державного реєстру України [19].

Таким чином відповідність лічильників діючим стандартам та технічним умовам має визначатися під час державних приймальних та контрольних випробувань, а не за результатами проведення вхідного контролю.

Разом з тим, згідно з ДСТУ 2681-94 “Метрологія. Терміни та визначення” [43] вибіркова повірка засобів вимірювальної техніки – повірка групи засобів вимірювальної техніки, що вибрані з партії встановленим чином, за результатами якої визначається придатність всієї партії. Тобто, проведення вхідного контролю фактично дублює проведення вибіркової повірки.

До державного метрологічного контролю належать:

- державні випробування засобів вимірювальної техніки і затвердження їх типів;
- державна метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки;
- повірка засобів вимірювальної техніки;

З вище наведених документів і положень, видно, що для проведення контролю чи повірки, будь яких приладів обліку чи вимірювання, необхідно виконати ряд вимог та дотриматись норм, які передбачаються Законом України “Про метрологію та метрологічну діяльність”. Необхідно зібрати інформацію про стан приладу, що ми повіряємо та його технічні характеристики. Для цього ми повинні провести певні дослідження з конкретним приладом для здійснення в подальшому висновку про нього. Усі дослідження повинні ґрунтуватись на певній методиці.

Основою статистичних досліджень є виміри, тобто метрологічні дослідження. Метрологічне дослідження – це дослідження, що повинно поєднуватися з аналізом конкретного процесу чи об’єкта, який розглядається і умовами, в яких він протікає чи працює.

Статистичні дослідження – це дослідження, умови яких протягом часу дослідження не змінюється. Динамічні дослідження – це дослідження під час проведення яких, змінюються або фізичні величини, або умови протікання певного досліду, що призводить до появи додаткової похибки.

Існуючі засоби вимірювання об'ємної витрати природного газу по пропускній здатності поділяються на: побутові (до 10 м³/год), комунально-побутові (10–40 м³/год) та промислові (понад 40 м³/год) [20].

Побутові лічильники газу (ПЛГ) призначені для вимірювання кількості використаного газу побутовими споживачами. З цією метою використовують лічильники роторного і мембранного типів діапазону витрат (0,016...10) м³/год при максимальному надлишковому тиску до 100 кПа.

Як відомо, кожний ПЛГ володіє певними технічними і метрологічними характеристиками, регламентованими [21], зокрема: номінальним, максимальним та мінімальним значеннями робочих витрат, максимальним допустимим робочим тиском, втратами тиску при роботі лічильника, можливістю функціонування в певному діапазоні температур робочого середовища та довкілля, вологості оточуючого середовища, стійкістю до вібрацій та ін. Однак, одними із найважливіших метрологічних характеристик ПЛГ є границя основної допустимої похибки та поріг чутливості, які під час експлуатації ПЛГ можуть змінюватися. Саме зміна цих метрологічних характеристик є в багатьох випадках причиною втрат природного газу, що вимагає досягнення належного рівня метрологічного забезпечення ПЛГ [3].

Величина відносної похибки ПЛГ δ_V визначається за результатами вимірянних значень контрольного об'єму, і обчислюється за формулою [22]:

$$\delta_V = \frac{V_L - V_0}{V_0} \cdot 100 \%, \quad (2.1)$$

де V_L – об'єм вимірянний побутовим лічильником газу; V_0 – об'єм вимірянний зразковим еталонним засобом вимірювальної техніки.

За результатами проведення досліджень величини відносної похибки ПЛГ на різних значеннях робочого діапазону витрат будується крива залежності

відносної похибки лічильника від значення витрати, яка подається в паспорті лічильника, наприклад рис. 2.1 [22, 23].

Відносна похибка δ для ПЛГ згідно [22, 23] з урахуванням втрат тиску та різниці температури на вході лічильника і на вході робочого еталона, обчислюється за формулою:

$$\delta = \left[\frac{V_L}{V_0} \cdot \frac{p_L}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_L} - 1 \right] \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де p_0, p_L – значення абсолютного тиску в робочому еталоні та лічильнику відповідно, Па; T_0, T_L – значення абсолютної температури в робочому еталоні та лічильнику відповідно, К.

Нормативний документ [22] допускає для застосування спрощення відносної похибки до наступного вигляду:

$$\delta = \delta_v + K_p + K_T, \quad (2.3)$$

де K_p – поправка до відносної похибки лічильника спричинена різницею тисків між входом лічильника і входом зразкового засобу вимірювальної техніки, %;

K_T – поправка до відносної похибки лічильника спричинена різницею температур по тракту на вході зразкового засобу вимірювальної техніки та на вході лічильника, %.

Поправка K_p згідно [22] розраховується наступним чином:

$$K_p = \frac{p_L - p_0}{p_0} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

Поправка K_T розраховується за наступним виразом:

$$K_T = \frac{T_0 - T_L}{T_L} \cdot 100\%. \quad (2.5)$$

Для застосування в побутовій сфері використовують роторні лічильники типу РЛ типорозмірів G2,5, G4 та G6. Допустима відносна похибка цих лічильників знаходиться в межах: в діапазоні витрат від Q_{min} до $2Q_{min}$ - $\pm 3,0$ %; в діапазоні витрат від $2Q_{min}$ до Q_{max} - $\pm 2,0$ %.

Безперечною перевагою лічильників роторного типу є менші габаритні розміри при тих самих межах вимірювань порівняно з газовими лічильниками

інших типів. Також до переваг таких лічильників можна віднести нечутливість до перевантажень.

Основними недоліками лічильників роторного типу є інтенсивне зношування робочих органів, нерівномірність переміщення газу в межах одного оберту і як наслідок, виникнення пульсацій витрати та тиску, низька чутливість лічильника при малих значеннях витрати. Це приводить до недообліку природного газу. Зважаючи на те, що споживання природного газу населенням відбувається здебільшого за малих витрат, лічильники роторного типу набувають все меншого поширення в комунально-побутовій сфері, поступаючись лічильникам мембранного типу.

Лічильники мембранного типу, які застосовуються в комунально-побутовій сфері, працюють в діапазоні робочих витрат $(0,016-10) \text{ м}^3/\text{год}$ і робочих значеннях надлишкового тиску до 50 кПа. Типова крива залежності відносної похибки лічильника мембранного типу наведена на рис. 2.2 [24].

Водночас недоліком лічильників мембранного типу є чутливість до температури оточуючого середовища, оскільки існує можливість втрати еластичності мембрани, внаслідок чого лічильник слід розміщувати в опалюваному приміщенні, але не безпосередньо біля джерела тепла. Також ці лічильники не мають достатнього запасу міцності при умовах аварійної ситуації на газопроводі. Основною їх перевагою є великий діапазон робочих витрат (1:150) і більше [3], що робить оптимальним їх використання в комунально-побутовій сфері.

Згідно [25] за даними ВАТ Івано-Франківськгаз, станом на 01.01.2010р. практично всі ПЛГ є мембранного типу, зокрема, найчастіше встановлені ПЛГ фірм-виробників Премагаз (Словаччина) та Самгаз (м. Рівне).

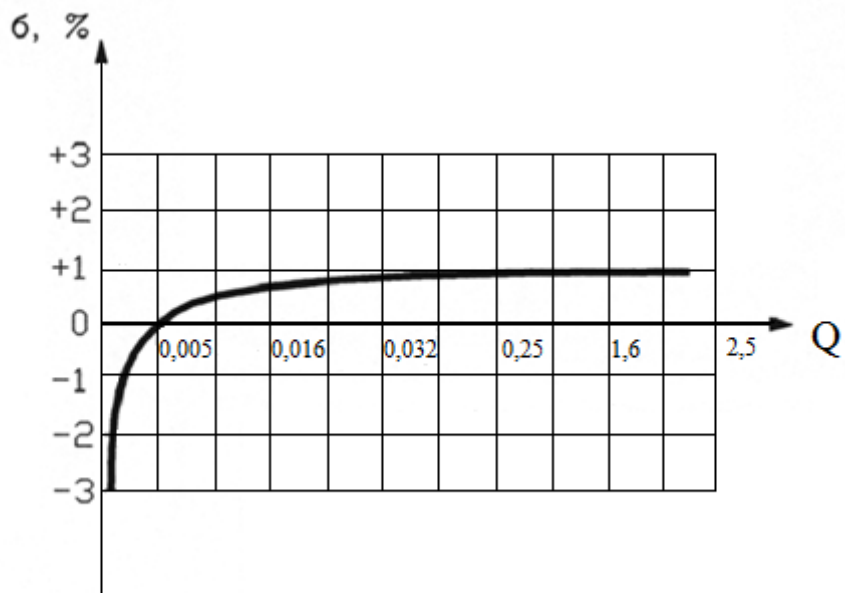


Рисунок 2.1 – Типова крива залежності величини відносної похибки роторного ПЛГ від витрати (у відносних одиницях)

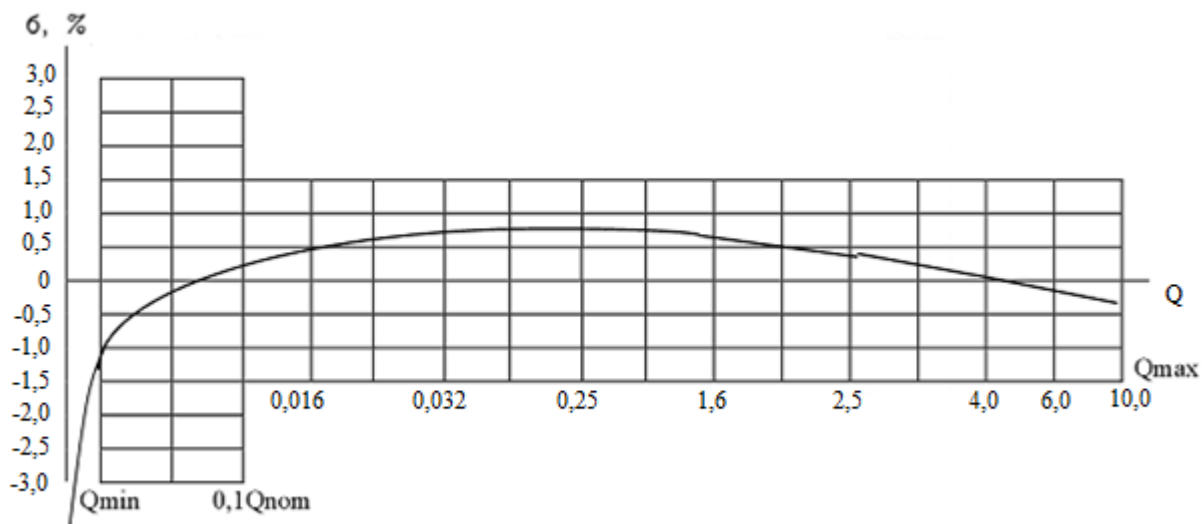


Рисунок 2.2 – Типова крива залежності відносної похибки мембранного ПЛГ від витрати (у відносних одиницях)

На основі проведеного аналізу є очевидним, що більшість побутових лічильників газу, які експлуатуються на даний час, є мембранного типу, оскільки їх технічні і метрологічні характеристики відповідають вимогам обліку природного газу в комунально-побутовій сфері.

Згідно чинних нормативних документів, випробовування ПЛГ проводять на еталонних установках, робочим середовищем в яких є повітря. У зв'язку з цим результати дослідження метрологічних характеристик та режимів роботи ПЛГ на природному газі, які проводилися в Україні, не виявлено. Проте фізико-хімічні властивості повітря і природного газу відмінні, що безпосередньо впливає на точність обліку ПЛГ. Зважаючи на це, деякі закордонні виробники лічильників газу проводять перевірку з використанням як робочого середовища не тільки повітря, але й природного газу [22, 23].

Нормальні умови використання – це умови, що відповідають роботі лічильника:

- за тиску на вході, що не перевищує максимального робочого тиску (за наявності витрати або без неї);
- у межах діапазону витрат газу;
- у межах діапазонів навколишньої температури і температури газу;
- для газу, що постачається;

Початкові допустимі похибки – похибки вимірювання, встановлювані за умови визначення похибки лічильника вперше перед проведенням усіх інших випробувань.

Ресурсні похибки, допустимі похибки при випробовуванні на довговічність – це похибки вимірювання лічильника в межах допустимих відхилень протягом випробування на довговічність або після їх завершення.

Всі види метрологічних досліджень повинні виконуватись згідно певних методик та супроводжуються певними вимірюваннями. Методика виконання вимірювань — це сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує отримання результатів вимірювань з потрібною точністю. Такі дослідження зазвичай виконуються за допомогою засобу вимірювання.

Найбільш ваговою технічною характеристикою лічильників газу, за якою здійснюється їх класифікація щодо типорозміру є номінальна об'ємна витрата, яка розраховується за робочих умов функціонування лічильників газу. Вона кількісно вказує на типорозмір лічильника, який відповідає витраті в м³/год, що

обліковується, наприклад, G4, G100, G1000 [26]. При цьому також конкретизується діаметр умовного проходу приєднувальних трубопроводів, в яких монтується лічильник газу, оскільки це визначає швидкість потоку газу в трубопроводі, яка не нормується згідно нормативних документів. Тому однакові типорозміри лічильників можуть бути змонтовані на трубах різних умовних діаметрів, наприклад, G250 типу TZ/FLUXI на діаметрах 80, 100, 150мм [26] або на трубопроводі діаметром 80мм встановлюються лічильники типорозмірів G100, G160 типу DELTA [17].

Таблиця 2.1 – Діапазон витрати побутових лічильників газу

Q_{max} , м ³ /ГОД	Верхні межі значення Q_{min} , м ³ /ГОД
1	0,016
1,6	0,016
2,5	0,016
4	0,025
6	0,04
10	0,06
16	0,1
25	0,16
40	0,25
65	0,4
100	0,65
160	1

Для лічильників обов'язковим є нормування границь основної допустимої похибки залежно від значень об'ємних робочих витрат, яка встановлюється для діапазонів витрат: $q_{min} \dots q_t$ (від мінімальної до перехідної витрати відповідно) і $q_t \dots q_{max}$ (від перехідної до максимальної витрати). Значення максимальної витрати визначається значенням номінальної витрати q_{nom} , тобто типорозміром лічильника, виходячи з умови, що $q_{nom} = 2/3 q_{max}$ [27, 31]. Перехідна витрата залежить від діапазону вимірювання лічильника який залежить від співвідношення q_{min} / q_{max} і конкретизується зміною числового значення границі основної допустимої похибки від $\pm 1\%$ до $\pm 2\%$, наприклад, для лічильників із

співвідношенням $q_{min}/q_{max} = 1/10$ $q_t = 0,2q_{max}$ або $q_{min}/q_{max} = 1/20$ $q_t = 0,15 q_{max}$ [27, 31].

В свою чергу мінімальна витрата q_{min} характеризує мінімальну робочу об'ємну витрату, для якої похибка лічильника не перевищує максимально допустимого регламентованого значення [27, 31] і визначається технологічним рівнем обладнання і устаткування підприємства-виробника лічильника газу.

Таблиця 2.2 – Максимально допустимі похибки лічильників газу

Витрата, м ³ /год	Максимально допустимі похибки	
	початкові	ресурсні
$Q_{min} \leq Q < Q_{max}$	±3 %	від мінус 6 % до 3 %
$0,1Q_{max} \leq Q \leq Q_{max}$	±1,5 %	±3 %

До технічних характеристик лічильників газу також відносяться діапазони робочих температур довкілля та робочого середовища (природного газу). Дані характеристики визначають правильне функціонування лічильника у межах дотримання ним декларованих у нормативній документації метрологічних характеристик. Відхилення значення температур від стандартних умов зумовлює зміну функціонування вузлів лічильників, яке в свою чергу приводить до виникнення додаткової похибки [29]. Для лічильників нормується максимальне значення робочого тиску, від якого залежить конструктивне виконання, а також виникнення додаткової похибки внаслідок зміни густини робочого середовища [29, 30].

Найважливішою із метрологічних характеристик є границі основної допустимої похибки лічильника, які нормуються залежно від вимірюваної об'ємної витрати газу, його конструкції і області застосування (промислові та побутові).

Методологія нормування похибки лічильників газу від вимірюваної витрати наведена вище і характеризує про її два діапазони. Для відображення значення фактичної метрологічної характеристики за різних експлуатаційних витрат використовуються криві залежності величини похибки від витрати [26].

Ці криві отримують при метрологічних випробуваннях лічильників за нормованих витрат, які відображені в національних і міждержавних стандартах [27, 28]. Для переважної більшості лічильників газу ці витрати становлять: q_{min} , $0,1 q_{max}$, $0,25q_{max}$, $0,4q_{max}$, $0,7q_{max}$, q_{max} .

Значення похибок за нормованих витрат дає можливість розраховувати значення середньої зваженої похибки (СЗП), яке використовується для налагоджування відпикових механізмів лічильників.

Для роторних лічильників газу СЗП визначається виразом [46]:

$$\delta_{СЗП} = \frac{\sum_{n=1}^n \left(\frac{q_i}{q_{max}} \cdot \delta_{Лi} \right)}{\sum_{n=1}^n \frac{q_i}{q_{max}}}, \quad (2.6)$$

де $\delta_{Лi}$ - похибка при значеннях витрат q_i , які приймаються рівними: q_{min} ; $0,05q_{max}$; $0,1q_{max}$; $0,15 q_{max}$; $0,25 q_{max}$; $0,40 q_{max}$; $0,70 q_{max}$; q_{max} ; q_{max} – нормоване максимальне значення витрати для досліджуваного типорозміру **лічильника**; **n - кількість витрат**, за яких визначають середню зважену похибку газового лічильника.

Значення характеристики $\delta_{СЗП}$ повинне бути якомога ближчим до нуля і для нових лічильників не повинне виходити за межі від мінус 0,4% до плюс 0,4% [46].

Для лічильників доцільним є визначення додаткової похибки від зміни температури довкілля. Ця характеристика в паспортних даних лічильників не наводиться, однак її граничне значення уже конкретизується в нових чинних нормативних документах. Наприклад, для роторних лічильників зміна похибки за витрати $0,25 q_{max}$ не повинна перевищувати 0,4% на кожні 10°C для лічильників з робочим діапазоном температур мінус 10°C ... 40°C [27]. Додаткова похибка від зміни тиску і температури природного газу не наводиться і не нормується, оскільки, на даний час це є темою багатьох наукових досліджень [36].

Ще однією метрологічною характеристикою лічильників є втрата тиску на ньому, яка визначається за умов роботи лічильника на максимальній витраті.

Вона є інформативним параметром правильності функціонування нового вимірювального засобу, а також може використовуватися як параметр діагностування лічильників газу в експлуатації [35].

Вимоги до втрати тиску лічильника. Втрата тиску лічильника, усереднена протягом циклу вимірювання, під час пропускання повітря густиною $1,2 \text{ кг/м}^3$ з витратою Q_{max} не повинна перевищувати значень, наведених у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Втрата тиску на побутовому лічильнику газу

Q_{max} , $\text{м}^3/\text{год}$	Максимально допустимі середні значення втрат тиску	
	Початкові, мбар	Після випробувань, мбар
від 1 до 10 включ.	2	2,2
від 16 до 65 включ.	3	3,3
100 і 160	4	4,4

Щоб визначити втрати тиску, пропускають через випробуваний лічильник повітря густиною $1,2 \text{ кг/м}^3$ з витратою Q_{max} і виміряти різницю тиску на лічильнику за допомогою відповідного вимірювального інструмента. Зафіксувати максимальну та мінімальну різницю тиску протягом принаймні одного циклу вимірювання і обчислити її середнє значення. Відстань між місцями відбирання тиску та місцями підключення не повинна перевищувати трьох діаметрів з'єднувальних штуцерів лічильника [21].

Поріг чутливості також характеризує метрологічні властивості лічильника і кількісно відповідає мінімальному значенню витрати за якої лічильник починає обліковувати газ.

Вимоги порогу чутливості лічильника. Під час випробувань методом, наведеним нижче, поріг чутливості не повинен перевищувати значень, наведених в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Значення порогу чутливості для лічильників з максимальною витратою Q_{\max}

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

Для визначення порогу чутливості пропускають через випробуваний лічильник протягом 10 хв повітря з витратою Q_{\max} та температурою, що дорівнює нормальній температурі повітря лабораторії. Залишити випробуваний лічильник на 2 - 4 год.

Вимірювальний прилад з достатньою точністю оцінки витрати газу і регулятор витрат встановити послідовно перед лічильником.

Після перевірки герметичності **всієї** системи приладів треба подати повітря за температури довкілля з тиском до 2 мбар і підтримувати витрату на рівні максимально допустимого порогу чутливості. За цього максимального порогу чутливості впевнитися, що лічильник, що випробовується, постійно реєструє принаймні один цикл об'єму.

Крім того лічильники, як засіб вимірювання, можна оцінювати такими метрологічними характеристиками, які не заносяться у перелік їх основних характеристик, що відображаються у технічній документації. До них можна віднести варіацію показів і повторюваність результатів вимірювань [10].

Під час випробувань лічильників експериментально оцінюються ще ряд параметрів лічильника, які входять як складові наукового узагальнення характеристик — сертифікаційної моделі. Крім конкретизованих вище технічних і метрологічних характеристик до них можна віднести, наприклад, характеристики конструктивні, ресурсні і безпеки, методика оцінювання яких

наводиться у нормативних документах щодо правил приймання і методів випробувань. Конкретизація цих та інших характеристик, зокрема для побутових лічильників газу наведена у Державному стандарті України [10].

2.1.2 Контроль технічного стану побутових лічильників газу

Методи та засоби перевірки ПЛГ у відповідності до вимог [21] юридично регламентується такими чинними нормативними документами. Згідно цих документів передбачається випробування лічильників на заводі-виробнику шляхом перевірки метрологічних і технічних характеристик, а також в них конкретизуються методи і засоби повірки лічильників при випуску з виробництва та після ремонту, а також під час перебування в експлуатації [22, 23].

Для ПЛГ міжповірочний інтервал становить 5 років, але у відповідності до спільного Наказу Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики, Міністерства промислової політики України, НАК "Нафтогаз України" від 05 жовтня 2004 року - для мембранних лічильників газу, що використовуються в побуті, міжповірочний термін становить 8 років [35].

Відповідно до [22] повірочні установки повинні забезпечувати повірку лічильників і працювати в діапазоні витрат, які відповідають робочим витратам лічильників, у тому числі, і витраті рівній порогу чутливості. Границі допустимої відносної похибки еталонної установки повинні бути не менш, ніж у три рази вужчі за границі допустимої відносної похибки лічильників у відповідному діапазоні витрат. При повірці як робоче середовище використовується повітря температурою від 18°C до 22°C (дорівнює температурі оточуючого середовища) [22].

Визначення відносної похибки лічильника у відповідності до вимог [22] проводять на витратах: Q_{min} , $3Q_{min}$ ($2Q_{min}$), $0,1Q_{max}$, $0,2Q_{max}$, $0,4Q_{max}$, $0,7Q_{max}$, Q_{max} з використанням повітря як робочого середовища. Згідно [7] також перевіряють

основні метрологічні та технічні характеристики ПЛГ, а відносну похибку визначають на витратах Q_{min} , $0,2Q_{max}$, та Q_{max} , робочим середовищем при дослідженні ПЛГ є повітря [22].

В Україні з 01.01.2007 року запроваджений національний стандарт [18], який також передбачає визначення метрологічних характеристик лічильників шляхом проведення їх випробувань з використанням повітря як робочого середовища, що не відображає можливість перевірки їх метрологічних характеристик на природному газі.

Для дослідження метрологічних характеристик ПЛГ, згідно [22, 23], можуть бути використані такі еталонні установки: дзвонового типу [3], трубопоршневі установки, установки з використанням критичних сопел, установки з еталонним лічильником [3].

На сьогоднішній день також розроблені установки РVT-типу метрологічного призначення, що не відображено в чинних нормативних документах [22, 23], які передбачають застосування опосередкованого методу вимірювання витрати газу шляхом вимірювання тиску, температури газу в каліброваній ємності при витіканні газу з неї через дроселюючий пристрій і ПЛГ. Відсутність рухомих елементів при відліку контрольного об'єму газу, незначні габарити і можливість їх реалізації на реальному середовищі (природний газ), а також новітні технічні аспекти їх реалізації відкривають перспективи їх практичного застосування. Тому в даний час дослідні зразки цих установок на діапазони витрат повітря $(0,016-10) \text{ м}^3/\text{год}$ вже знаходяться на стадії дослідно-промислового впровадження в Україні, зокрема, в умовах ПАТ "Івано-Франківськгаз" (м. Івано-Франківськ) [22, 23].

Зазначимо, що у переважній більшості із вказаних установок робочим середовищем є повітря і стаціонарний варіант їх виконання, які не передбачають можливість дослідження метрологічних характеристик ПЛГ в умовах експлуатації без проведення демонтажу.

Слід зазначити, що в Україні, про що вже вказувалось вище, згідно чинних нормативних документів дослідження метрологічних характеристик ПЛГ, слід

проводити виключно з використанням повітря як робочого середовища. Це, в свою чергу, потребує демонтажу і транспортування ПЛГ до місця розташування повірочної установки. Також недоліком таких метрологічних досліджень є той факт, що внаслідок відмінних фізико-хімічних властивостей повітря і природного газу, точність вимірювання ПЛГ відрізнятиметься при роботі на природному газі від даних, отриманих при його дослідженнях на повітрі [35].

Згідно, для технічних об'єктів, якими є ПЛГ, може бути застосоване поняття діагностування і контролю технічного стану. Технічні засади побудови установок для реалізації такого підходу розглянуті в роботі [36]. Вони передбачають здійснення перевірки ПЛГ за обмеженою кількістю параметрів, наприклад, не для всього діапазону робочих витрат, а також можуть визначатися окремі характеристики, які стосуються правильності функціонування ПЛГ, наприклад, визначення втрат тиску на лічильнику або визначення його похибки за мінімальних витрат [36].

Незважаючи на відсутність на даний час нормативного документа, щодо проведення технічного діагностування ПЛГ, в Україні набув практичного застосування метод експрес-контролю ПЛГ, регламентований [37]. Схема проведення експрес-контролю ПЛГ, згідно [37], реалізується шляхом послідовного приєднання до перевірюваного ПЛГ 1 контрольного лічильника 2 за допомогою спеціальних з'єднувальних рукавів 9 через кран 3 перед газоспоживним приладом 7. На вході контрольного лічильника 2 вимірюється надлишковий тиск природного газу манометром 6 і його температура термометром 8. Похибка ПЛГ обчислюється шляхом порівняння відлічених об'ємів природного газу контрольним лічильником і ПЛГ [37].

Процедура проведення експрес-контролю також передбачає визначення відносного відхилення результатів вимірювань контрольного об'єму газу при витратах $2Q_{min}$ і $0,1Q_{max}$. В залежності від типорозміру лічильника (G1,6, G2,5, G4 чи G6) пропускається контрольний об'єм газу величиною від 15 до 40 дм³ при витраті $2Q_{min}$ та від 50 до 150 дм³ при витраті $0,1Q_{max}$. За результатами

проведених вимірювань робиться висновок про можливість подальшої експлуатації ПЛГ. Однак, юридично така операція не може бути використаною для повірки ПЛГ, оскільки контрольний лічильник повинен бути метрологічно атестованим на природному газі, що на сьогодні в Україні не здійснюється внаслідок відсутності еталонних установок з функціонуванням на природному газі [37].

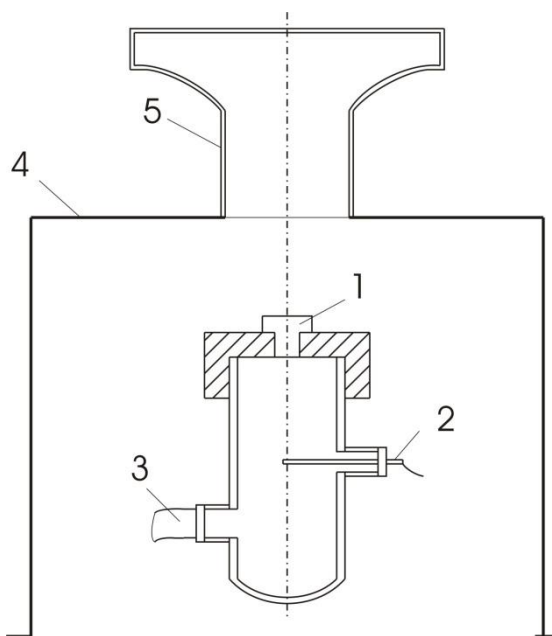
Значний практичний досвід з експлуатації цього пристрою набули фахівці ПАТ “Івано-Франківськгаз”, які протягом останніх років провели експрес-контроль близько 50 тисяч ПЛГ [38]. Встановлено, що не відповідали нормативно регламентованим технічним вимогам 73 % роторних і 13 % мембранних ПЛГ, які були демонтовані і відправлені на позачергову повірку. Однак головним недоліком, який не дозволяє використовувати цей метод для діагностування ПЛГ, тобто оформляти юридично чинний припис про неможливість подальшої експлуатації ПЛГ, є відсутність юридично-чинного підґрунтя цієї операції, а також недостатня коректність отриманих результатів дослідження, оскільки контрольний (еталонний) ПЛГ повинен бути метрологічно атестованим на природному газі, що в даний час в Україні не проводиться [38].

Одним із нових напрямків створення є установка для діагностування побутових лічильників газу, яка працює на природному газі [39].

Технічне рішення цієї методики проведення діагностування ПЛГ повинне передбачати застосування торцевих ЗП, на виході яких розміщені вузли спалювання газу (рис. 2.3). Таке рішення забезпечує вимірювання надлишкового тиску і температури газу перед ЗП, а спеціально розроблена конструкція пальника для спалювання газу мінімізує нагрівання ЗП від наявного за цих умов полум'я.

Установка для діагностування ПЛГ на базі торцевих ЗП монтується безпосередньо у споживача і функціонує з використанням як робочого середовища природного газу (рис. 2.4). Установка монтується безпосередньо на місці газоспоживного обладнання або паралельно з ним [39].

У ході проведення дослідження газ, минувши ПЛГ з вхідним K_5 і вихідним K_6 кранами, подається до діагностувальної установки. В установці газ надходить крізь відкритий один або декілька (залежно від заданої витрати), кранів K_1 , K_2 або K_3 до попередньо проградуєваних торцевих звужувальних пристроїв ЗП₁, ЗП₂ або ЗП₃, обладнаних пальниками P_1 , P_2 , P_3 для спалювання газу. На вході ЗП встановлені давачі надлишкового тиску P , температури T та густини ρ , сигнали з яких подаються на ПК. Водночас, з ПЛГ на ПК подаються дані про початкові і кінцеві покази лічильника за час проведення одного вимірювання. Поряд з цим вхідними параметрами ПК для реалізації алгоритму визначення похибки ПЛГ ϵ : атмосферний тиск p_a , температура навколишнього середовища $T_{нс}$, компонентний склад газу (виміряний газовим хроматографом або попередньо, на день випробувань, отриманий від підприємства з експлуатації газового господарства) та параметри газової мережі ПГМ, яка з'єднує ПЛГ і ЗП. Параметри мережі визначають довжина, матеріал та діаметр трубопроводу, кількість та характер згинів, наявність звужень-розширень у ньому [39].



1 – торцевий ЗП; 2 – точка вимірювання температури; 3 – точка вимірювання тиску; 4 – підставка для пальника; 5 – пальник

Рисунок 2.3 – Схематичне зображення способу монтування ЗП та точки відбору тиску і температури газу

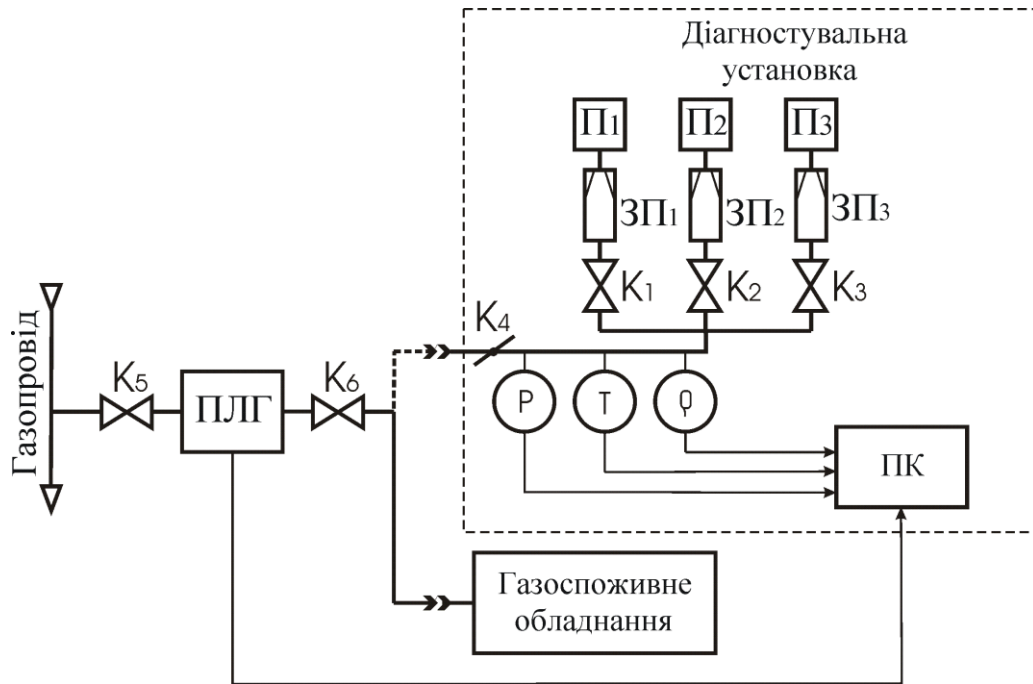


Рисунок 2.4 - Функціональна схема установки на базі торцевих ЗП для діагностування ПЛГ

Використовуючи алгоритм обробки інформації, за вхідними даними здійснюється розрахунок зведеного до умов функціонування ПЛГ контрольного об'єму газу $V_{лр}$, що пройшов через торцевий ЗП. Висновок про похибку ПЛГ здійснюють за результатами порівняння вимірюваного об'єму газу ПЛГ з об'ємом, який визначений опосередковано за допомогою ЗП.

2.2 Розробка структурної схеми системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

Для досягнення мети, яка була поставлена у попередньому розділі, було визначено під час здійснення аналізу, які саме параметри повинна мати розроблювана система збору вимірювальної інформації. Після детального вивчення проблеми зняття інформації з побутових лічильників газу, під час їх перевірки була поставлена задача розробити систему, яка б здійснювала та передбачала:

- автоматизований збір інформації з побутових лічильників газу;

- можливість підключення до ЕОМ;
- був не складним у виконанні та не вимагав втручань у газопровід чи в конструкцію газового лічильника;
- ціна даного приладу не повинна перевищувати відомі аналоги;

Здійснивши пошук аналогів та прототипів, які уже відомі на сьогодні, можна зробити висновок, що розроблені системи збору є не досконалими та досить складними у конструкції, оскільки

В основу розроблюваної системи, поставлена задача створення нового, більш досконалого, засобу збору вимірювальної інформації при визначенні метрологічних характеристик лічильників газу. При цьому необхідно забезпечити документальну фіксацію вимірювальної інформації з одночасним спрощенням конструкції лічильника і зменшенням тривалості проведення досліджень метрологічних характеристик лічильників.

Лічильник газу з системою збору вимірювальної інформації містить вимірювач з чутливим елементом, котрий зв'язаний з давачем положення чутливого елемента і реєструючим пристроєм. Для визначення похибки лічильника газу, реєструючий пристрій додатково споряджений електронним хронометром і блоком фотофіксації інформації з давача положення чутливого елемента і хронометра в моменти початку та кінця збору вимірювальної інформації з реєструючого пристрою [11].

За рахунок спорядження реєструючого пристрою лічильника, блоком фотофіксації інформації, з давача положення чутливого елемента забезпечується можливість здійснювати відлік і документувати положення чутливого елемента в моменти початку і кінця пропуску контрольного об'єму газу через лічильник, при визначенні його метрологічних характеристик, за умов рухомого чутливого елемента лічильника, без необхідності проведення конструктивних змін в лічильнику, чим досягається спрощення його конструкції. Крім того досконалість засобу збору інформації з лічильника досягається можливістю застосування фотофіксації для лічильників без обмеження виду і конструкції чутливих елементів за умови застосування

реєструючого пристрою будь-якого виконання, в тому числі з візуальним відліком при відсутності давача перетворення вимірювальної інформації з реєструючого або відлікового пристрою. Поряд з цим, наявність фотофіксації при відліку контрольного об'єму, за умов рухомого чутливого елемента, забезпечує зменшення тривалості проведення досліджень метрологічних характеристик лічильників газу [11].

Спорядження реєструючого пристрою лічильника електронним хронометром, дає можливість точно визначати тривалість пропуску контрольного об'єму газу через лічильник при визначенні його метрологічних характеристик і розраховувати за цих умов робочу витрату на ньому, чим досягається підвищення досконалості конструктивного виконання лічильників і зменшення тривалості часу дослідження їх метрологічних характеристик. Таким чином сукупністю відомих і пропонованих суттєвих ознак забезпечується технічний результат, достатній для вирішення поставленої задачі корисної моделі.

Суть даної системи збору інформації пояснюється рисунком, де наведено її блок-схему з лічильником газу (рис. 2.5).

Вдосконалений лічильник газу 1 містить вимірювач з чутливим елементом 2 давача положення чутливого елемента 3 та вхідний 4 і вихідний 5 патрубки для поєднання лічильника (1) до лінії газопостачання (при вимірюванні об'єму газу) або до випробувальної ділянки еталонної витратоємимірювальної установки (при визначенні похибки лічильника газу). У склад лічильника (1) при визначенні його похибки входить реєструючий пристрій 6 збору інформації з давача (3) положення чутливого елемента (2), який містить блок фотофіксації інформації з давача (3) (на рисунку не показаний) і хронометр 7 [11].

При роботі лічильника, газ надходить до лічильника 1 по вхідному патрубку 4 і збуджує чутливий елемент 2, після чого витікає через вихідний патрубок 5. Чутливий елемент 2 через передавальний механізм приводить в рух давач 3 положення чутливого елемента 2. За зміною показів давача 3 здійснюють відлік вимірюваного лічильником 1 об'єму газу [11].

При визначенні метрологічних характеристик, наприклад похибки лічильника газу 1 в певний момент часу за командою системи автоматичного керування збором вимірювальної інформації або за командою оператора здійснюється запуск хронометра 7 і одночасно з використанням блока фотофіксації здійснюють відлік (фіксацію) показів давача 3 положення чутливого елемента 2 та хронометра 7. Після витримки попередньо встановленої тривалості часу пропускання контрольного об'єму газу системою керування або оператором формується команда фотофіксації положення давача 3 та відліку хронометра 7 в цей момент часу [11].

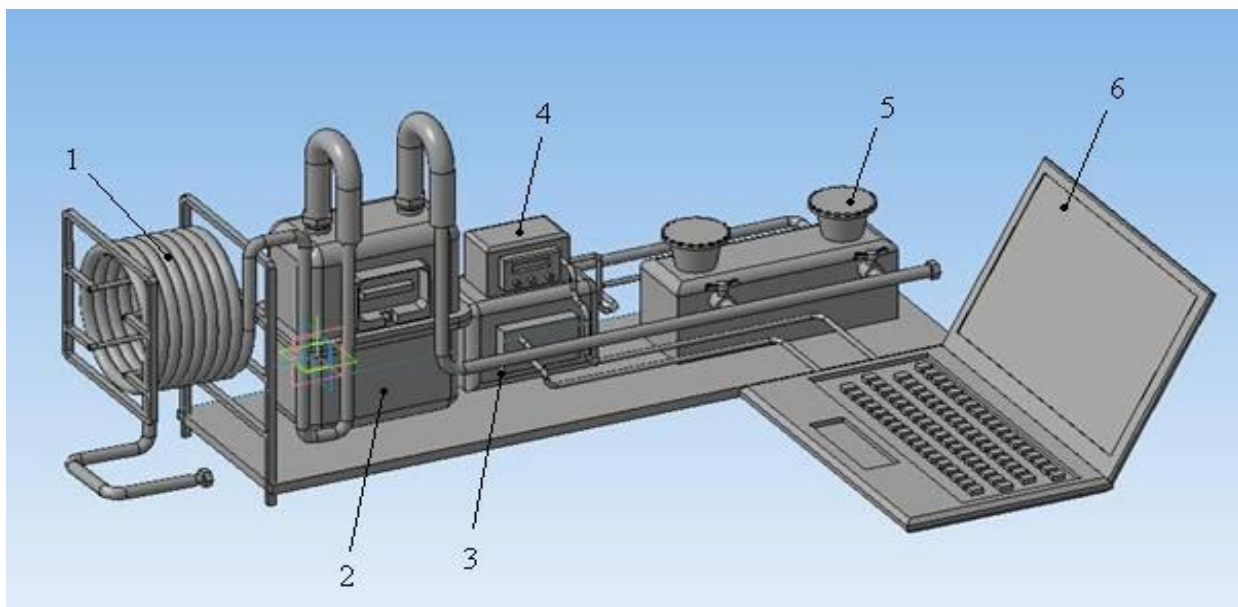
Похибку лічильника визначають шляхом порівняння відміряного об'єму газу (за різницею зафіксованих показів давача 3) і об'єму газу, відміряного за цей час еталонною витратовимірювальною установкою. Витрату газу, що є необхідна при визначенні похибки лічильника за даних умов його функціонування, розраховують діленням відміряного контрольного об'єму на тривалість його пропуску через лічильник, яка визначається за двома фотофіксованими показами хронометра 7.

Розроблена система збору інформації забезпечує документування вимірювальної інформації з одночасним спрощенням конструкції лічильника і зменшенням тривалості проведення досліджень метрологічних характеристик лічильників шляхом додаткового застосування в реєструючому пристрої електронного хронометра та блока фотофіксації інформації з давача положення чутливого елемента і хронометра в моменти початку та кінця збору вимірювальної інформації з лічильника газу при визначенні його похибки.

Система автоматизованого збору інформації передбачає можливість застосування її як в метрологічних центрах повірки газових лічильників, так і в парі із діагностувальною установкою [41, 42].

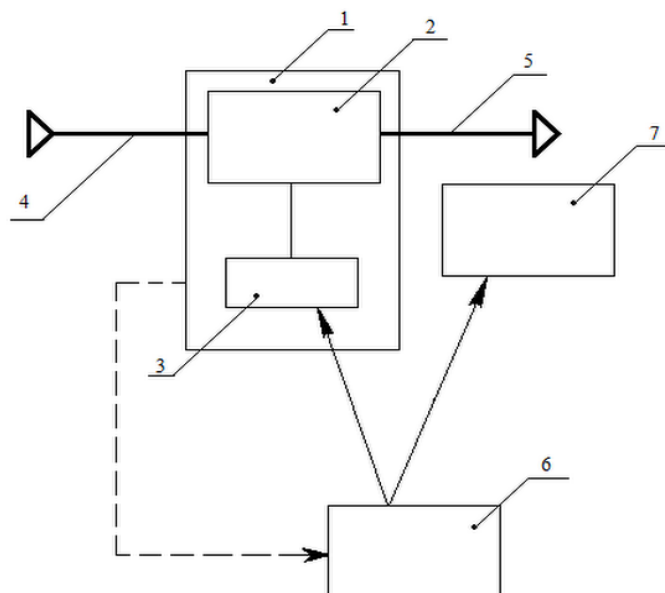
За допомогою змодельованої повірочної установки [42] (Рис. 2.5) можна здійснювати контроль ПЛГ, використовуючи спеціально градуйовані звужувальні пристрої, які використовуються як первинні витратовимірювальні перетворювачі методу змінного перепаду тиску. Під час її роботи проводиться

контроль таких параметрів газу як температура та тиск, що дає можливість спостерігати за зміною витрати газу. Всі дані передаються до ПЕОМ. Завдяки спеціально розробленому програмному забезпеченню отримані параметри можна систематизувати та визначити похибку ПЛГ.



1 – під'єднувальний гнучкий рукав до будинкової газової мережі; 2 – контрольний лічильник; 3 – блок вимірювання тиску; 4 – блок вимірювання температури; 5 – палик з вмонтованими звужувальними пристроями; 6 – персональний комп'ютер

Рисунок 2.5 – Ізометричне зображення діагностувальної установки для перевірки побутових лічильників газу [42]

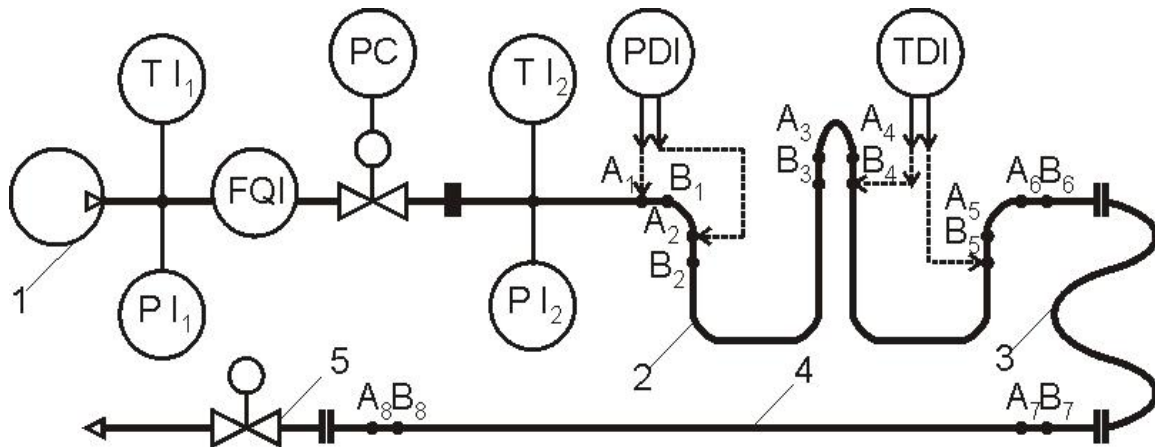


1 – лічильник газу; 2 – чутливий елемент; 3 – давач положення показів; 4 – вхідний патрубок; 5 – вихідний патрубок; 6 – реєструючий пристрій; 7 – хронометр

Рисунок 2.5 – Структурна схема системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ

Функціональна схема повірочної установки для фізичного моделювання зміни тиску і температури робочого середовища при зміні витрати природного газу в будинкових мережах зображена на рис 2.6. Установка реалізована на базі послідовно змонтованих ділянок сталевого трубопроводу (прямолінійної і криволінійної) з внутрішнім діаметром 16 мм і товщиною стінки 2 мм [28].

Повірочна установка дає можливість досліджувати зміну температури і тиску газу, при його протіканні вздовж різних за формою і матеріалом трубопроводів, що має місце в реальних будинкових газових мережах. Для підвищення точності збору даних із ПЛГ, на повірочній установці, оскільки, вона не має давачів для збору інформації з відлікового механізму, доцільно використати автоматизовану систему збору інформації з ПЛГ із фото фіксацією, яка пропонується розробитися.



1 – джерело витрати; 2 – криволінійна ділянка трубопровода; 3 – гнучкий гумовий шланг; 4 – прямолінійна ділянка трубопровода; 5 – задавач витрати
 TI_1 – давач температури потоку повітря на вході; PI_1 – давач робочого тиску на вході; FQI – мембранний ПЛГ; PC – регулятор тиску; TI_2 – давач температури відтвореного потоку повітря на виході; PI_2 – давач відтвореного тиску потоку повітря на виході; PDI – дифманометр для вимірювання перепаду тиску; TDI – первинний перетворювач для вимірювання різниці температури

Рисунок 2.6 – Функціональна схема повірочної установки для дослідження термогазодинамічних процесів трубопроводів

Діагностувальна установка (ДУ), монтується через вузол під'єднання (ВП) безпосередньо на місці газоспоживного обладнання (ГСО) або паралельно з ним, а принцип вимірювання полягає у застосуванні попередньо проградуйованих спеціальних звужуючих пристроїв (ЗП).

У ході діагностування газ, минувши ПЛГ з вхідним K_4 і вихідним K_5 кранами, подається через ВП до ДУ. В ДУ газ надходить крізь відкритий один або декілька (залежно від заданої витрати) кранів K_1 K_2 або K_3 до попередньо проградуйованих звужувальних пристроїв $ЗП_1$, $ЗП_2$ або $ЗП_3$, обладнаних пальниками $П_1$, $П_2$ $П_3$ для спалювання газу. На вході ЗП встановлені давачі надлишкового тиску та температури T , сигнали з яких через блоки перетворення сигналів БПС₁ та БПС₂ відповідно подаються на ПОЕМ. Водночас з ПЛГ за допомогою блок збору інформації (БЗІ), що включає в себе

фотокамеру та електронний частотомір-хронометр, на ПЕОМ подаються дані у вигляді документованої інформації (фото файл) про початкові і кінцеві покази лічильника за час проведення одного вимірювання. Поряд з цим вхідними параметрами ПЕОМ для реалізації алгоритму визначення похибки ПЛГ є: атмосферний тиск P_a , температура навколишнього середовища $T_{нс}$, компонентний склад газу (виміряний газовим хроматографом ГХ або попередньо, на день випробувань, отриманий від підприємства з експлуатації газового господарства) та параметри газової мережі ПГМ, яка з'єднує ПЛГ і ДУ.

Параметри мережі визначають довжина, матеріал та діаметр трубопроводу, кількість та характер згинів, наявність звужень-розширень у ньому. Використовуючи алгоритм обробки інформації АОІ, за вхідними даними здійснюється розрахунок зведеного до умов функціонування ПЛГ контрольного об'єму газу $V_{лр}$, що пройшов через звужувальний пристрій. Висновок про похибку ПЛГ здійснюють за результатами порівняння виміряного об'єму газу ПЛГ з об'ємом, який визначений опосередковано за допомогою одного або декількох звужувальних пристроїв. ДУ містить також контрольний лічильник газу КЛ для візуального контролю за роботою установки.

Застосовуючи таку діагностувальну установку з вдосконаленою системою збору вимірювальної інформації, при повірці ПЛГ, можна підняти точність зняття показів, з лічильного механізму, а також одночасно здійснювати контроль фізичних параметрів газу.

2.3 Розроблення конструктивних рішень при створенні системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

Сучасні технології дозволяють виконувати не тільки обрахунки та розв'язувати складні задачі за допомогою програмного забезпечення, а й допомагають замінити деякі прилади вимірювання, зокрема температури, часу, частоти та інші. Головне правильно скласти алгоритм та програму. Тому доцільно буде використати для нашого приладу дистанційного збору

інформації переносний чи персональний комп'ютер (ЕОМ), на якому буде відображатись отримана інформація з ПЛГ. Отже використавши вище наведену інформацію, врахувавши усі переваги та недоліки, наш розроблювана система збору інформації з ПЛГ, (рис. 2.7) повинна складатися з:

- цифрової фотокамери із функцією оптичного збільшення щонайменше 4-х кратного збільшення та з системою дистанційного керування;
- ЕОМ на якій буде відображатись інформація;
- канал підключення цифрової камери до ЕОМ;
- хронометр;
- програмне забезпечення, що дозволяло б здійснити обробку отриманої інформації;

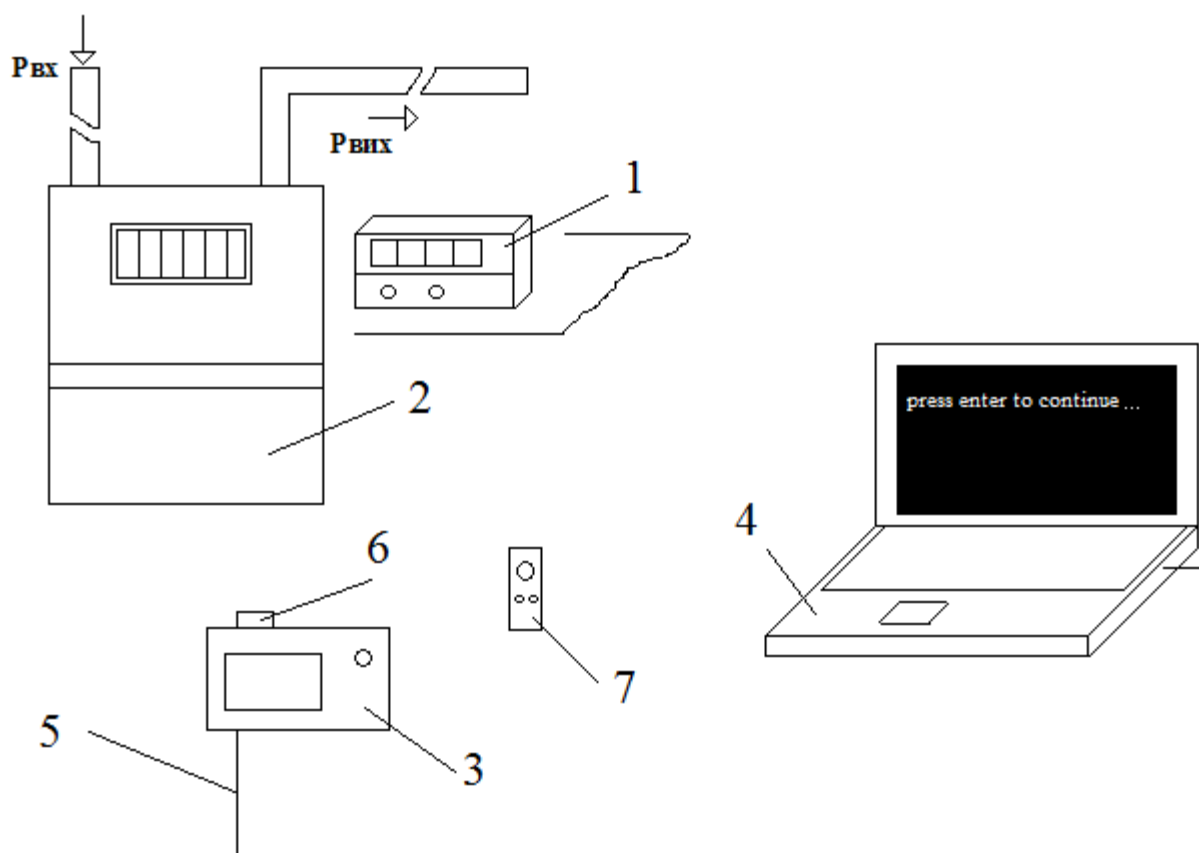
Таблиця 2.5 – Технічні характеристики фотокамери Canon Power Shot SX500 IS Black.

Назва функції фотокамери	Опис функції фотокамери
Роздільна здатність	5184 x 3456
Загальне число пікселів	19 млн
Тип матриці	CMOS
Функція очищення матриці	є
Швидкість зйомки	5.3 кадр/сек
Кількість ефективних пікселів	18 млн

На рис. 2.7 зображено технічне забезпечення системи збору інформації з ПЛГ. Вона включає в себе такі вузли: електронний хронометр; лічильник газу; фотокамеру; ЕОМ; канал зв'язку фотокамери з ЕОМ; датчик дистанційної системи керування фотознімку; пульт дистанційного керування;

В розроблюваній системі, в якості вище перелічених складових, можна використати фотоапарат фірми Canon EOS 60D Body. Разом з цією моделлю необхідно використати SMDV дистанційне радіо управління SM-610, яке дає

зможу здійснювати зйомку дистанційно. Технічні характеристики фотоапарату та дистанційного радіоуправління наведені нижче в табл. 2.5 та 2.6.



1 – електронний хронометр; 2 – лічильник газу; 3 – фотокамера; 4 – ЕОМ; 5 – канал зв'язку фотокамери з ЕОМ; 6 – датчик дистанційної системи керування фотознімку; 7 – пульт дистанційного керування

Рисунок 2.7 – Технічне забезпечення системи збору інформації з побутових лічильників газу

Проте фотокамера може бути не тільки та яка наводиться тут як приклад, оскільки обмежень не передбачається відносно цього вузла системи, головне щоб вона відповідала критеріям, які передбачені вимогами при розробці. Відносно ЕОМ також критеріїв чи вимог специфічних немає, підійде будь-який комп'ютер з операційною системою Windows XP, Windows 7, Linux.

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики SMDV дистанційного радіо управління SM-610.

Функції дистанційного управління	Опис функції ДУ
PartNumber	63603
Тип	Дистанційне управління
Кількість каналів	16
Радіо частота	433МГц
Максимальна діяльність	15 м
Функція авто фокусування	є
Функція тривалої витримки	є
Живлення передавача	23А 12V батарея
Живлення приймача	CR2 / 3V батарея
Сумісність	Canon: 40D, 5D, 30D, 20D, 10D, D60, D30, 1D Mark III, EOS 3, 1 VHS, 1V.

В розроблюваній системі пропонується використати хронометр. Пропонований частотомір-хронометр може працювати в трьох режимах – як частотомір, як вимірник тривалості інтервалів часу і як реєструючий лічильник кількості імпульсів у сигналі. У першому випадку прилад вимірює частоту синусоїдних та імпульсних сигналів від кількох десятих герца до десяти мегагерц з амплітудою 0,15...10 В. Як хронометр, прилад вимірює тривалість інтервалів часу в межах від кількох мілісекунд до 10000 секунд. Максимальна кількість імпульсів, яка може бути підрахована приладом у режимі лічби імпульсів, сягає 10000 [44].

Пристрій цифрової індикації містить у собі чотири десяткові розряди. Висота цифр – 40 мм, що забезпечує необхідну видимість відлікового пристрою з усіх місць класу під час постановки демонстрацій. Перед цифрами всіх чотирьох розрядів містяться світловипромінюючі діоди, за допомогою яких висвічується децимальна крапка. Він конструктивно оформлений у вигляді двох блоків – верхнього і нижнього, які сполучаються між собою за допомогою контактної колодки.

Гніздова частина колодки кріпиться до нижнього блока, а штиркова – до

верхнього. У верхній частині верхнього блока встановлено цифрові індикатори та світлодіоди, які індикують положення десяткової крапки.

Під поличкою з індикаторами кріпиться плата лічильника імпульсів та дешифратора. З чільної сторони верхнього блока розташовано вікна – прямокутної форми для цифрових індикаторів і круглі для світлодіодів.

У нижньому блоці встановлено: джерело живлення приладу, плату кварцового генератора, подільника частоти і пристрою автоматики, а також плату формувального пристрою і ключа з тригерним керуванням.

Структурну схему частотоміра зображено нижче на рис. 2.8 (вимірювач інтервалу часу показано на рис 2.9). Дію приладу засновано на лічбі кількості імпульсів, що подаються на його вхід протягом певного фіксованого проміжку часу. Досліджуваний сигнал подається на вхід формувального пристрою 1. На його виході одержується послідовність імпульсів прямокутної форми (з крутими схилами), частота повторення яких дорівнює частоті вхідного сигналу. Сформована послідовність імпульсів поступає на вхід електронного ключа 2. Протягом часу, коли ключ відкрито, певна кількість імпульсів проходить через нього і перелічується лічильником 3.

Результат висвічується пристроєм індикації 4. Ключ відкривається на фіксований проміжок часу під дією стробувального імпульсу, який формується пристроєм автоматики. Пристрій приводиться в дію імпульсами стабільної частоти, що надходять від генератора позначок часу (кварцовий генератор КГ+ багатоступеневий десятковий подільник частоти). Тривалість стробувального імпульсу (час вимірювання) дорівнює періодові повторення позначок часу. Пристрій автоматики забезпечує циклічну роботу частотоміра з такою послідовністю операцій: – лічба – індикація результату – скид – лічба – індикація результату – скид і т.д.

Скид (обнулення) лічильника здійснюється за допомогою спеціальних імпульсів скиду, які формуються пристроєм автоматики в момент закінчення часу індикації.

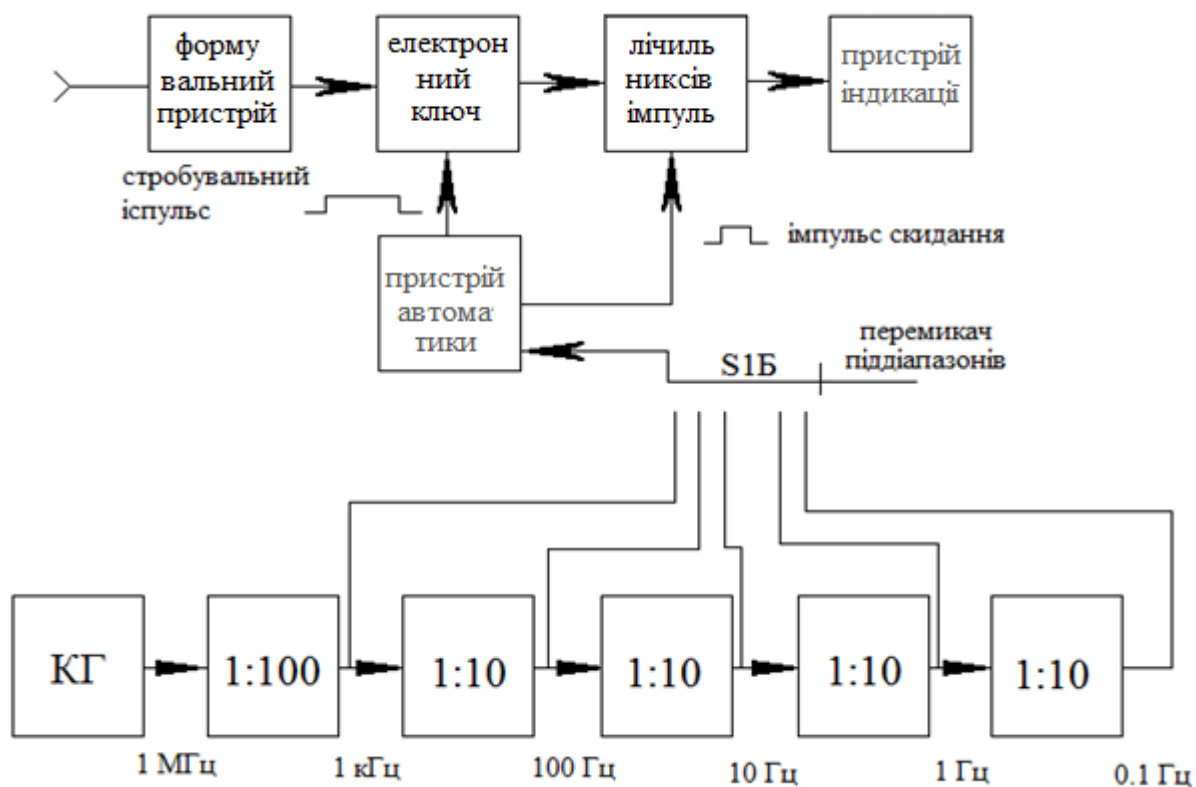


Рисунок 2.8 – Структурна схема частотоміра

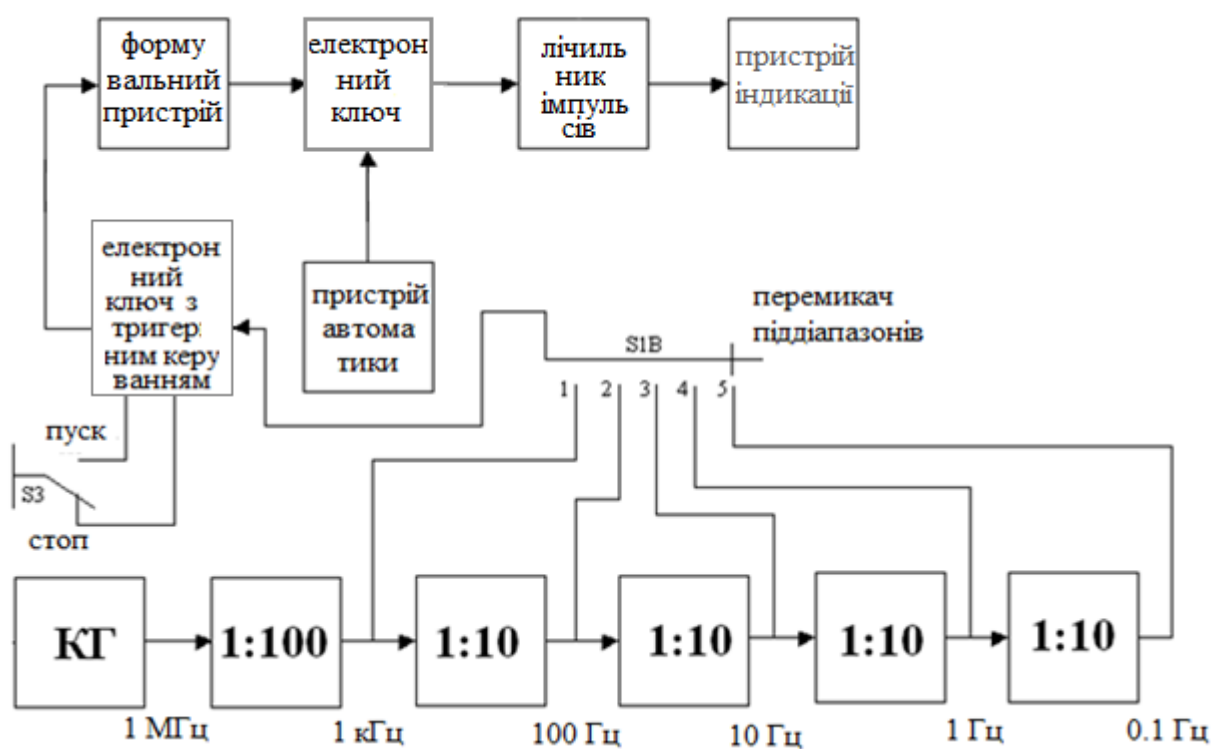


Рисунок 2.9 – Структурна схема вимірювача інтервалів часу

В режимі лічби кількості імпульсів використовуються вузли частотоміра 1, 2, 3, 4 і 5. При цьому пристрій автоматики 5 блокує генератор позначок часу, а електронний ключ 2 увесь час залишається відкритим. Лічильник 3 працює в режимі неперервної лічби, а пристрій індикації висвічує результат цієї лічби.

Скид лічильника здійснюється за допомогою імпульсів скиду, які формуються ручним способом.

Робота вимірювача інтервалів часу (хронометра) заснована на лічбі кількості імпульсів, які надходять на вхід лічильника протягом часу, який вимірюється (структурна схема зображена на рис 2.9). Частота повторення імпульсів має бути високо стабільною. Їхнім джерелом служить генератор позначок часу (кварцовий генератор КГ+ десятковий подільник частоти). У схемі вимірювача часових інтервалів порівняно з частотоміром є додатковий вузол 6 – електронний ключ із тригерним керуванням. Через цей ключ імпульси від генератора позначок часу подаються на вхід формувального пристрою 1, а далі через ключ 2 на вхід лічильника 3 [44]. Ключ 2 увесь час залишається відкритим, лічба імпульсів починається в момент часу, коли перемикач S3 фіксується в положенні “пуск”, і закінчується тоді, коли він фіксується в положенні “стоп”. Перемикач S3 керує роботою ключа 6 через асинхронний RS-тригер, який усуває ефект “деренчання” контактів у цьому перемикачі. Початок і кінець лічби в такому разі фіксується дуже чітко. Таким чином, використавши вище описані вузли можна досягти мети, яка була поставлена на початку розділу. Система реєстрації буде знімати у вигляді фотознімку отриману інформацію з ПЛГ, і за допомогою каналу зв'язку між фотокамерою і ЕОМ буде оброблятися за допомогою програмного забезпечення. Програмне середовище повинно розпізнати числові значення з фотографії та відняти час який був на хронометрі при першому фотознімку та кінцевому. Маючи різницю часу та пройдений об'єм, можна буде судити про справність лічильного механізму.

2.4 Програмне забезпечення для обробки вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

Для того щоб реалізувати автоматизований збір інформації з ПЛГ, необхідно певним чином зібрати виміряну інформацію та обробити її. Якщо методика та схеми в підпунктах, що були висвітлені вище наведені, то питання потребує розроблення програмного забезпечення, яке б дало змогу обробляти отримані дані.

На даний час відомо багато програмних середовищ та систем, які б дали можливість опрацювати фотознімки, а у нашому випадку саме фотографія буде слугувати документуванням зібраної інформації. За допомогою таких програмних середовищ як ABBYY FineReader, Matlab, можна опрацювати фотознімки, та отримати з них інформацію у звичному для нас вигляді – текстовому. Таким чином отримавши з фотографії текстову інформацію – покази з газового лічильника, можна буде здійснити точний підрахунок об'єму та часу який був зафіксований.

Для системи що розробляється, можна використати подібне програмне середовище для обробки інформації, попередньо удосконаливши алгоритм роботи програми та адаптувавши його під конкретну задачу.

Програма Matlab, дозволяє виконувати множинні математичні операції, що для нашої ситуації потрібно. Вона дозволяє також здійснювати не тільки обробку фото файлів але й відео файлів. Така функція є важливою, коли потрібно розпізнати номери автомобіля з відеоролику, чи знайти певну людину з натовпу, по обрисах лиця. Здійснюється це наступним чином. Фото чи відео потік поступає з камери на комп'ютер в реальному часі, ми його підключаємо програмно на вхід математичної моделі в середовищі MatLab, після чого він обробляється і ми можемо отримати один з очікуваних результатів.

Розглянемо спочатку, яким чином можна з відео файлу (подібним чином можна реалізувати таку операцію з фото файлом), який поступає з камери в реальному часі, отримати конкретну інформацію. Для прикладу розпізнаємо

рухоми шкалу барабана відлікового механізму лічильника газу. Здійснити це не просто, оскільки, відліковий механізм рухається. Будь-який рух об'єкту, який ми хочемо розпізнати, буде спотворювати картинку і погіршувати якість зображення. За допомогою математичної моделі середовища MatLab можливо подавити деренчання картинки. Здійснюється це за допомогою прив'язки фокусування камери безпосередньо до відлікової системи газового лічильника. Це робиться шляхом обрізання кадру, тобто йде постійна зйомка газового лічильника, запам'ятовується його положення в тривимірній площині, а всі спотворення просто затираються, точніше наводиться спеціальна рамка, так звана заборонена зона, навколо неї картинка міняється, а то що всередині стабілізується і залишається на місці.

Блоки системи працюють в такій послідовності. Блок для підключення відеосигналу призначений для прочитування [45] відеопотоку з джерела сигналу для подальшого його перетворення. Він обробляє відеофрейми, що поступають в нього, і стискає їх, тобто проводить їх компресію для того, щоб системі надалі було легше з ними працювати. Також цей блок дозволяє обробляти і відео із звуком, стискаючи його відповідно до відеопотоку. Після проходження сигналу через нього, він потрапляє далі в систему, де і відбувається його обробка і стабілізація. Таке розпізнавання стає можливе завдяки блоку стабілізації.

Стабілізація полягає в послідовній обробці вхідного сигналу з метою виділення дубльованого і стабілізованого сигналів, що здійснюється в блоках області пошуку і захопленні за допомогою блоку оцінки.

Блок області пошуку, по своїй функціональності призначається для вибору області, яка нас більше всього цікавить при відео зйомці чи фотозйомці, в нашому випадку це риска барабану відлікового механізму.

Блок області захоплення призначений для висновку на блок результатів колірної матриці із зображенням потрібного нам об'єкту. За допомогою нього ми захоплюємо з фото чи відео файлу необхідну область.

Блок форми вихідного сигналу, формує розмір вихідного сигналу,

відбувається це за рахунок того, що всі пікселі не увійшли до заданої рамки просто обрізаються, якщо кадр виходить за межі рамки, утворюючи в ній порожнечу, то доповнюється матеріалом з шаблону, на цьому принципі заснована стабілізація зображення. Відбувається обробка відео потоку (фото файлу), виділення області стабілізації, також знаходження прямокутника, що цікавить нас, і 3-х кратне його збільшення. Таким чином формується із отриманого зображення, та область, яка цікавить нас для розпізнання.

Використовуючи таке програмне забезпечення, ми спростовуємо роботу оператора – інженера який працює за метрологічним стендом. Оскільки процес ком'ютеризований, йому не потрібно самому записувати початкові показники зняті з ПЛГ, а також віднімати стартові значення частотоміра-хронометра (секунди які набігли при запуску частотоміра).

Дана програма зробить це за нього, вибравши тільки ту ділянку яка буде цікавити оператора. Після обробки зображення буде отримано числове значення у вигляді звичного тексту (ряду цифр). Після такої обробки потрібно буде тільки відняти одне значення від іншого. Ця операція в доопрацюванні, передбачає здійснювати її в тому ж програмному пакеті MatLab.

2.5 Розроблення алгоритму розрахунку вихідного діаметра торцевого звужувального пристрою діагностувальної установки з вдосконаленою системою збору вимірювальної інформації

В цьому підпункті необхідно здійснити розрахунок вихідного діаметра торцевого звужувального пристрою діагностувальної установки з вдосконаленою системою збору вимірювальної інформації. Це потрібно для того випадку, коли система автоматизованого збору вимірювальної інформації з ПЛГ буде застосовуватись разом з діагностувальною установкою, яка має в своїй конструкції окрім зразкового газового лічильника, торцеві звужуючі пристрої. В такому випадку, перевірка буде здійснюватись з більшою точністю.

Для виготовлення ЗП з певними витратними характеристиками необхідно визначити вихідний діаметр ЗП, необхідний для забезпечення конкретного значення витрати при заданому тиску. Тому, доцільним є скористатись методикою розрахунку наведеною в [28], припустивши, що торцеве ЗП є циліндричним соплом. Методика розрахунку стосовно досліджуваних торцевих ЗП для діагностувальних установок з вдосконаленою системою збору вимірної інформації наведено нижче.

Вхідними параметрами розрахунку вихідного діаметру торцевого ЗП є: контрольоване значення витрати Q за робочих умов, абсолютний тиск p і абсолютна температура T газу за робочих умов, густина газу за стандартних умов ρ_c ; коефіцієнт стисливості газу K за робочих умов; вхідний діаметр ЗП $d_{вх}$.

Розрахунок вихідного діаметру торцевого ЗП здійснюється в наступній послідовності.

Розраховуємо значення густини газу за робочих умов згідно виразу:

$$\rho = \rho_c \cdot \frac{p}{p_c} \cdot \frac{T_c}{T} \cdot \frac{1}{K} \quad (2.7)$$

Визначаємо число Рейнольдса за формулою:

$$Re = \frac{4Q\rho}{\pi d_{вх} \mu} \quad (2.8)$$

Розраховуємо значення допоміжного коефіцієнта c за виразом:

$$c = \frac{Q}{D^2} \sqrt{\rho} \cdot \frac{4}{\sqrt{2\pi}} \quad (2.9)$$

Знаходимо в першому наближенні добуток модуля ЗП, який рівний відношенню квадратів діаметрів вихідного і вхідного отворів ЗП, та його коефіцієнта витрати за виразом:

$$m\alpha = \frac{c}{\sqrt{\Delta p}} \quad (2.10)$$

Для визначення модуля ЗП m використовуємо наступний вираз:

$$m = 1,2486 m\alpha - 0,0279 (m\alpha)^2 - 1,6328 (m\alpha)^3 + 1,6979 (m\alpha)^4 \quad (2.11)$$

Коефіцієнт розширення ε робочого середовища обчислюється за формулою:

$$\varepsilon = 0,25 + 0,75 \cdot \left[\left(1 - \frac{\Delta p}{p} \right)^{\frac{2}{\kappa}} \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot \frac{1 - \left(1 - \frac{\Delta p}{p} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}}}{\frac{\Delta p}{p}} \cdot \frac{1 - m^2}{1 - m^2 \cdot \left(1 - \frac{\Delta p}{p} \right)^{\frac{2}{\kappa}}} \right]^{0.5}, \quad (2.12)$$

де Δp - перепад тиску на ЗП, κ - показник адіабати газоподібного середовища розраховується за виразом:

$$\kappa = 1,556(1 + 0,074x_a) - 3,9 \cdot 10^{-4} T(1 - 0,68x_a) - 0,208\rho_c + (p/T)^{1,43} [384(1 - x_a)(p/T)^{0,8} + 26,4x_a] \quad (2.13)$$

Для визначення $m\alpha$ в другому та подальших наближеннях використовуємо вираз:

$$m\alpha = \frac{c}{\varepsilon \sqrt{\Delta p}} \quad (2.14)$$

Розрахунок повторюють за виразами (2.11)-(2.14) до тих пір, поки попереднє значення коефіцієнта розширення ε буде відрізнятись від наступного не більше ніж на 0,001. Після чого значення вихідного діаметру торцевого ЗП визначається за виразом:

$$d = d_{ex} \cdot \sqrt{m} \quad (2.15)$$

3 МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

З того часу як з'явилися прилади за допомогою яких здійснювали облік речовин, чи вимірювання величин, постало питання, з якою точністю це здійснюється. Для того щоб зробити певний висновок про точність приладу, спершу необхідно поррахувати похибку з якою він працює. Практично на будь-якому приладі, що виконує вимірювання величин в побуті, таких як ваги (електронні, аналогові), термометри, чи на підприємствах – манометри, вольтметри амперметри, всі вони мають в паспортних даних, клас точності, який вказує на похибку з якою даний прилад працює. Відповідно чим менша похибка, тим вищий клас точності має прилад, тим точніше він показує результат.

Найточнішими приладами вважаються прилади, за допомогою яких здійснюють повірку подібних за принципом дії приладів. Це так звані зразкові прилади, які зберігаються на рівні держави, в метрологічних центрах. Вони зберігаються в спеціальних приміщеннях, при оптимальних умовах, які з часом не впливають на покази цих зразкових приладів.

3.1 Дослідження похибки при візуальному знятті вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

Похибка вимірювання — це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної фізичної величини. Похибка вимірювання є кількісною характеристикою точності вимірювання [47].

На практиці істинне значення величини невідоме, тому неможливо точно визначити і величину відхилення результату вимірювання від нього. Тому на практиці доводиться користуватися не похибками, а їх оцінками або

характеристиками. Оцінку похибки (приблизне значення) можна знайти за формулою [47]:

$$\Delta \approx x - x_d, \quad (3.1)$$

де x_d – дійсне значення вимірюваної фізичної величини, тобто її значення, знайдене експериментально і настільки близьке до істинного, що може бути використане замість нього. Фактично за таке значення приймають значення міри фізичної величини, еталона або визначене за допомогою точнішої методики.

В нашому випадку нас цікавить похибка з якою здійснюється зняття інформації з побутових лічильників газу. Визначивши її можна буде дати оцінку, чи буде автоматизований збір інформації мати меншу похибку ніж візуальний.

Похибка дискретизації збору інформації з відлікового механізму ПЛГ $\Delta_{дл}$ визначається його дискретністю або дискретністю додатково встановленого перетворювача збору інформації зі шкали ПЛГ, при відліку пропущеного через лічильник контрольного об'єму газу [29]. Вказана похибка може бути мінімізована шляхом збільшення значення контрольного об'єму, або зменшенням ціни дискретизації імпульсів додаткового перетворювача. Вираз для визначення похибки від дискретності вимірюваної інформації $\Delta_{дл}$ записується у вигляді:

$$\Delta_{дл} = \frac{K_{дл}}{V_k} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

де $K_{дл}$ – коефіцієнт перетворення (дискретність) збору інформації із шкали ПЛГ; V_k – об'єм газу, який пропускається через ПЛГ у ході його перевірки.

$$V_k = Q \cdot t \quad (3.3)$$

де Q – витрата контрольована витрата; t – час проходження контрольованої витрати;

Приймаючи значення $\Delta_{дл} = \pm 0,4\%$, і задаючи значення $K_{дл} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ (відповідає половині поділки найменшого розряду шкали відлікового

механізму), за (3.2) отримуємо мінімальне розраховане значення контрольного об'єму:

$$V_k = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 100\% = 0,025 \text{ (м}^3\text{)}$$

Значення контрольованих витрат при реалізації діагностування за [23] подані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Контрольовані витрати при повірці ПЛГ

Типорозмір ПЛГ	$Q_{\min}/3$, м ³ /ГОД	Q_{\min} , м ³ /ГОД	$2Q_{\min}$, м ³ /ГОД	$0,1Q_{\max}$, м ³ /ГОД	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ГОД	Q_{\max} , м ³ /ГОД
G1,6	0,005	0,016	0,032	0,25	1,6	2,5
G2,5	0,008	0,025	0,05	0,40	2,5	4,0
G4	0,013	0,040	0,08	0,60	4,0	6,0
G6	0,020	0,060	0,12	1,00	6,0	10,0

Значення витрат, які будуть реалізовані при діагностуванні ПЛГ визначаються конкретними технічними засобами і можливістю відтворення заданих витрат, про що буде конкретизовано нижче.

Маючи контрольовані значення витрат при повірці ПЛГ, можна порахувати час, за який буде проходити контрольний об'єм. Формула, зважаючи на (3.3), матиме наступний вигляд:

$$t = \frac{V_k}{Q} \cdot 3600 \text{ (с)} \quad (3.4)$$

Для того щоб знати за який час через лічильник буде проходити контрольний об'єм, обчислимо його для всіх значень Q, усіх марок лічильників, що наведені в табл. 3.1. V_k – візьмемо те значення, яке було наведено при розрахунку дискретизованої похибки $0,025 \text{ м}^3$.

Для лічильника G 1,6:

$$t_1 = \frac{0,025}{0,005} \cdot 3600 = 18000 \text{ (с)} \quad t_2 = \frac{0,025}{0,016} = 5625 \text{ (с)}$$

$$t_3 = \frac{0,025}{0,032} = 2812,5 \text{ (с)} \quad t_4 = \frac{0,025}{0,25} = 360 \text{ (с)}$$

$$t_5 = \frac{0,025}{1,6} = 56,25(\text{с})$$

$$t_6 = \frac{0,025}{2,5} = 36(\text{с})$$

Аналогічно проведемо обрахунки для 3-ох наступних типорозмірів лічильників газу. Отримані значення наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Час проходження контрольного об'єму, з контрольованою витратою.

Типорозмір ПЛГ	Контрольована витрата Q, м ³ /год	Контрольний об'єм V _к м ³	Час t, с
G 1,6	0.005	0.025	18000
	0.016		5625
	0.032		2812,5
	0.25		360
	1.6		56,25
	2.5		36
G 2,5	0.008	0.025	11250
	0.025		3600
	0.05		1800
	0.40		225
	2.5		36
	4		22,5
G 4	0.013	0.025	6923,07
	0.040		2250
	0.08		1125
	0.60		150
	4		22,5
	6		15
G 6	0.020	0.025	4500
	0.060		1500
	0.12		750
	1.00		90
	6		15
	10		9

Таким чином ми маємо значення часу, за який мав би проходити контрольований об'єм газу, через газовий лічильник. Це ми перевіримо, на практиці, зробивши знімки реального газового лічильника, при витраті через певні проміжку часу.

Знімаючи покази з газового лічильника, похибка виникатиме не тільки через не якісно зняті візуально значення з циферблату, але й тому, що як вже було сказано вище, в даному розділі, кожен прилад має клас точності. Розроблювана система передбачає використання електронного хронометра. Він також має певну похибку, яку також потрібно враховувати, при похибці системи збору інформації з ПЛГ, в цілому.

Похибку відліку часу можна порахувати використовуючи формулу:

$$\delta_t = \left(\delta_r + \frac{T_{\text{зап}}}{t_{\text{вим}}} \right) \cdot 100\% \quad (3.5)$$

де δ_r – відносна похибка частоти опорного генератора електронного хронометра; $T_{\text{зап}}$ – мітки часу електронного хронометра; $t_{\text{вим}}$ – інтервал часу, що виміряється;

В розроблюваній системі для збору вимірюваної інформації з побутових лічильників газу, використовується частотомір-хронометр типу ЧЗ-34А, для якого: $\delta_2=10^{-6}$, $T_{\text{зап}}=10^{-4}$ с.

Для кількісного визначення похибки за (3.5), розрахуємо похибку для найбільш не сприятливого випадку, тобто, коли час вимірювання є найменшим. Тому час, що виміряється на максимальній витраті буде становити $t_{\text{вим}}=9$ с, для лічильника типорозміру G6, на витраті $10 \text{ м}^3/\text{год}$, що видно із табл. 3.2. Відповідно:

$$\delta_t = \left(10^{-6} + \frac{10^{-4}}{9} \right) \cdot 100\% = 1,1 \cdot 10^{-3}\%$$

Тобто, похибка нашого хронометра-частотоміра складає $0,0011\%$. З даного значення похибки, можна судити про те, що частотомір-хронометр який використовується для збору і фіксування вимірювальної інформації, є досить точним.

Проте слід зазначити, що похибка яка була порахована за (3.2), стосується умови візуального зняття інформації, з побутових лічильників газу. За цих умов ця похибка повинна враховувати також похибку на так званий “розгін” лічильника. Тобто, візуальне зняття інформації здійснюється коли газовий лічильник у стані спокою – в статиці. В розробленій в магістерській роботі

системі відліку, ця похибка зменшується за рахунок використання у ній фото фіксуючого вузла – фотокамери. Це дає змогу, зменшити похибку системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу в цілому, коли будуть додаватись усі пораховані похибки.

3.2 Дослідження похибки при автоматизованому знятті вимірювальної інформації з побутових лічильників газу

При використанні автоматизованих систем зняття інформації, питання похибки є дуже важливим, оскільки необхідно знати чи є потреба у створенні такої системи. Сучасні повірочні установки побутових газових лічильників застосовуються в метрологічних центрах з різними системами, які полегшують збір вимірної інформації. Проте не кожна з них задовольняє усі потреби які ставляться метрологами, а також важливим є питання на скільки точно така система, що працює разом з повірочними стендами та установками, зможе забезпечити якісне зняття інформації з мінімальною похибкою.

Для того щоб загальна похибка при автоматизованому зборі вимірюваної інформації, була меншою чим при візуальному зборі, намагаються похибку “на розгін” виключити. Це здійснюється шляхом застосування оптичних приладів чи датчиків, які мають високу роздільну здатність, і можуть здійснювати контроль коли газовий лічильник знаходиться в динамічному стані.

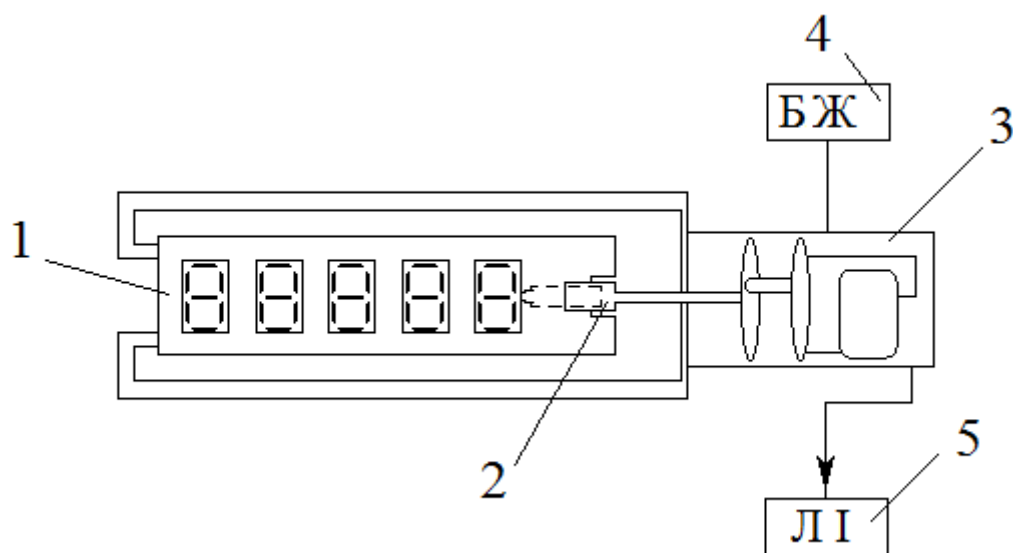
В метрологічних повірочних установках використовуються декілька типів датчиків, які допомагають зібрати інформацію, та здійснити автоматизовану передачу вимірної інформації. Перший – у вигляді додаткового лічильного механізму, що під’єднується до рахункового механізму випробовуваного приладу "на ходу" за допомогою електромагнітної муфти [13] і другий - оптичний імпульсний перетворювач (ОП), що встановлюється безпосередньо на валу ротора випробовуваного приладу [31]. Перший дозволяє здійснювати збір вимірювальної інформації та здійснювати її перерахунок з метою визначення похибки випробовуваних приладів безпосередньо у відсотках для

одного якого-небудь значення контрольного об'єму газу, а за допомогою другого стає можливою дистанційна передача вимірювальної інформації безпосередньо на цифрові вимірювальні прилади. Недоліком вище перелічених перетворювачів являється обмежена роздільна здатність першого при порівняно високій допустимій похибці $\pm 0,17\%$ і деяке ускладнення системи збору інформації установки зважаючи на необхідність перетворення зібраної вимірювальної інформації до розмірного вигляду, при застосуванні другого. Тому було запропоновано третій варіант перетворювача, позбавлений недоліків двох попередніх. Такий перетворювач виготовляється шляхом доопрацювання серійного перетворювача кутових переміщень типу ВЕ-І78, який під'єднується безпосередньо до рахункового механізму випробовуваного приладу. Коефіцієнт перетворення, обчислюється за формулою:

$$K_n = \frac{V_{\text{ВМ}}}{z}, \quad (3.6)$$

де $V_{\text{ВМ}}$ – об'єм газу що відраховується випробовуваним газовим лічильником за один оберт барабана лічильного механізму з найменшою ціною поділки;

z – число імпульсів, що формуються перетворювачем за один оберт вала (для перетворювача ВЕ -178 (рис. 3.1) параметр $z = 1000$).



1 – лічильний механізм; 2 – вал; 3 – перетворювач ВЕ-178; 4 – блок живлення; 5 – лічильник імпульсів

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд перетворювача ВЕ -178

Враховуючи що за один оберт шкали барабана найменшого розряду відлікового пристрою, відлічений об'єм становить 1 м^3 , то похибка дискретності буде становити $0,001\text{ м}^3$. Тому згідно (3.2), похибка дискретності буде становити :

$$\Delta_{\text{дл}} = \left(\frac{0,001}{V_k} \right) \cdot 100\% \quad (3.7)$$

Наприклад для відліченого об'єму 2 м^3 , ця похибка буде рівною:

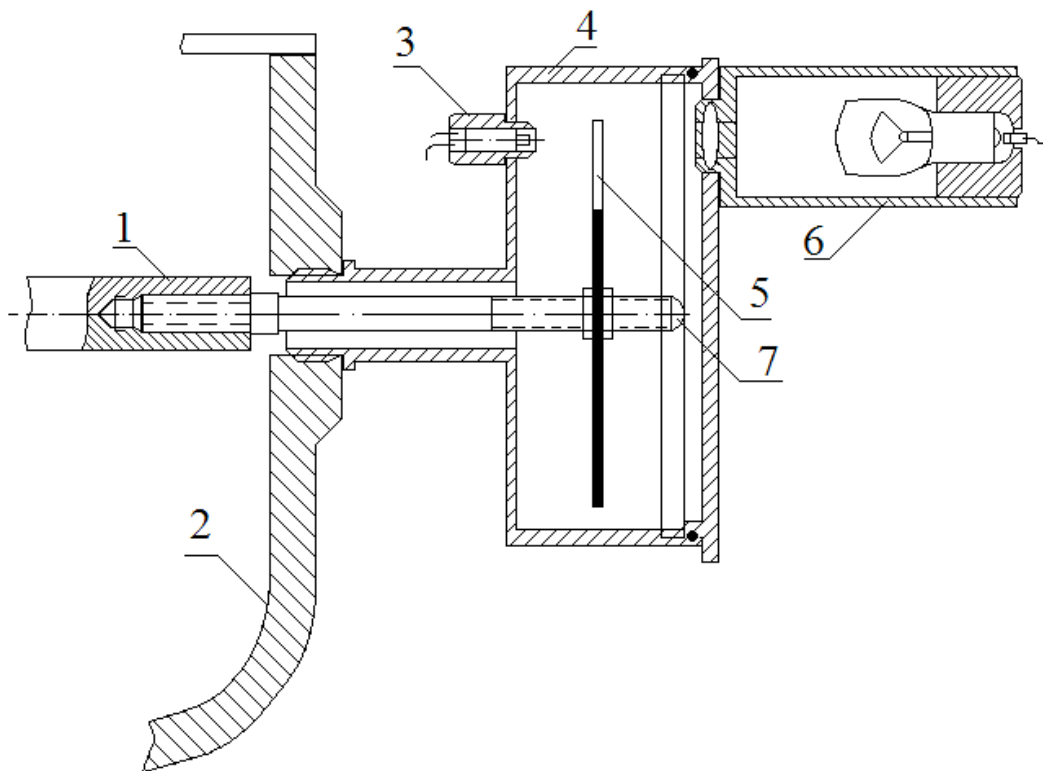
$$\Delta_{\text{дл}} = \left(\frac{0,001}{2} \right) \cdot 100\% = 0.05\%$$

Проте, слід зауважити, що така система може використовуватись тільки для промислових лічильників газу.

Прикладом застосування подібної системи для автоматизації отримання показів з ПЛГ є фотоелектронний повторювач [51]. Він служить для повірочних приладів, і складається з тахометричного датчика імпульсів (рис. 3.2), електронно-лічильного блоку.

Фотоелектронний повторювач може застосовуватись для знімання показів “на ходу” витратомірів і лічильників кількості, в котрих приймаючим перетворювачем являється обертаючий пропорційний витраті ротор. Тахометричний генератор імпульсів, призначений для перевірки ротаційних газових лічильників, який розрахований на знімання відліку показаного безпосередньо з валу ротора. Тахометричний генератор імпульсів 4 кріпиться на корпусі ротаційного лічильника 2. У вал ротора лічильника 1 вкручується валик 7 з обтюратором 5. При обертанні ротора обтюратор модулює сфокусований світловий потік від освітлювача 6 з урахуванням з кількістю прорізів. Фотоелемент 3 перетворює модульований світловий потік у відповідні електричні сигнали. Кількість прорізів обтюратора вибирається так, щоб перелічену кількість імпульсів можна було легко привести до одиниць об'єму або витрати шляхом ділення на постійний коефіцієнт. Схема запуску і зупинки рахунку імпульсів забезпечує початок відліку в момент засвічення фотодіода і припинення відліку, коли через повірочний прилад буде пропущений об'єм V_k і фотодіод знову погасне. Схема побудована за принципом електронного реле і

працює таким чином. У вихідному стані фотодіод затемнений, внаслідок чого на сітку лампи подається значна негативне напруга, і лампа закрита. Поляризоване реле знеструмлено, а його нормально відкриті контакти підтримують розімкнутий ланцюг фотодіода до під'єданого тахометричного генератора імпульсів - фотоелемента 3 (рис. 3.2).



1 – вал лічильника; 2 – корпус лічильника; 3 – фотоелемент; 4 – генератор імпульсів; 5 – обтюратор; 6 – освічував; 7 – валик;

Рисунок 3.2 - Конструктивна схема тахометричного датчика імпульсів

Збір імпульсів здійснюється між моментами “старт” і “стоп”, які певним чином формуються з блоку управління еталонної установки. Цим досягається збір інформації з побутових лічильників газу “на ходу”. Однак таке доповнення є в багатьох випадках не можливим, оскільки, може бути реалізовано тільки в роторних лічильниках і є складним за конструкцією. Реально має місце при повірці роторних лічильників газу.

3.3 Розрахунок похибки розробленої вдосконаленої системи автоматизованого збору інформації з побутових лічильників газу

Здійснивши аналіз візуального методу зняття вимірної інформації з ПЛГ, та порахувавши похибку дискретизації, ми з'ясували що при такому знятті показів буде мати місце похибка “на розгін”, а тому й зросте загальна похибка такого методу. Тому для того, щоб перевірити яка буде похибка у нашій системі яку ми розробили, було вирішено протестувати систему збору інформації з ПЛГ, здійснити в реальних умовах фото фіксацію показів газового лічильника, який працюватиме в динамічному режимі, тобто похибку “на розгін” в даному випадку, про яку згадувалось в підпункті 3.1, буде виключено.

Щоб здійснити дослідження похибки було здійснена фото фіксація показів газового лічильника. Для того, щоб протестувати розроблену систему вимірювальної інформації з побутових лічильників газу, було проведено експериментальні зняття показів та їх документація, за допомогою вузлів розробленої системи – фотоапарату та частотоміра-хронометра.

Запаливши пальники газової плити, лічильник почав відраховувати об'єм. Також, попередньо був здійснений “пуск” частотоміра-хронометра. Коли лічильник вийшов на режим роботи, тобто відрахував певний об'єм газу, було здійснено фото фіксацію показів на відмітці $5799,66885 \text{ м}^3$. Тобто фіксація здійснювалась в динаміці, а не в статиці, як зазвичай роблять при повірці побутових лічильників газу з візуальним зняттям інформації. Оскільки при візуальному методі збору вимірювальної інформації похибка “на розгін”, не враховується, тому що не має можливості її зафіксувати, то за допомогою вдосконаленої розробленої автоматизованої системи збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу, цю похибку відкидається, бо покази знімаються в динаміці. Це дозволяє більш точно проводити повірку.

Після того як пройшов проміжок часу у 20 секунд, було знову зроблено фото фіксацію, на якій вже були наступні показники: $5799,67250 \text{ м}^3$. Отримані знімки можна побачити, на рис. 3.3 – 3.4.



Рисунок 3.3 – Покази лічильника та хронометра-частотоміра при першій фото фіксації (початкові покази)



Рисунок 3.4 – Покази лічильника та хронометра-частотоміра при другій фото фіксації (кінцеві покази)

Отримавши результати вимірювань, необхідно було здійснити розрахунок похибок, щоб зробити висновок про розроблювану систему збору вимірювальної інформації з ПЛГ.

Витрату можна порахувати за наступною формулою:

$$Q = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \cdot 3600 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right). \quad (3.8)$$

Отже витрата буде становити:

$$Q = \frac{5799,67250 - 5799,66885}{24,095 - 4,882} \cdot 3600 = 0,684 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right).$$

На підставі всього сказаного вище, здійснимо розрахунок похибки для умов проведення експериментальних досліджень. Для цього похибка дискретизації при візуальному способі зняття інформації з побутових лічильників газу, буде визначатися з урахуванням (3.2), в якій запишемо на основі (3.4):

$$(\Delta \text{дл})_в = \frac{K_{\text{п}}}{V_2 - V_1} \cdot 100\% = \frac{1 \cdot 10^{-4}}{5799,67250 - 5799,66885} \cdot 100\% = 2,72\%.$$

Отже, для візуального методу зняття інформації з ПЛГ, при пропусканні об'єму $0,00365 \text{ м}^3$, з коефіцієнтом перетворення (дискретність) збору інформації із шкали ПЛГ $K_{\text{п}} = 1 \cdot 10^{-4}$, похибка становитиме 2,7%.

Тепер здійснимо аналогічний розрахунок похибки дискретизації для автоматизованої (оптичної) системи зняття вимірювальної інформації з ПЛГ, на підставі тих же виразів (3.2) та (3.4):

$$(\Delta \text{дл})_о = \frac{K_{\text{п}}}{V_2 - V_1} \cdot 100\% = \frac{0,5 \cdot 10^{-4}}{5799,67250 - 5799,66885} \cdot 100\% = 1,36\%.$$

З розрахунків, видно що зняття показів за допомогою автоматизованої системи зняття вимірювальної інформації з ПЛГ, похибка зняття показників зменшується удвічі.

Для визначення похибки яка виникатиме при початковому та кінцевому знятті інформації δv використаємо наступний вираз:

$$\delta v = \delta_{v_1} + \delta_{v_2} = 2 \cdot (\Delta \text{дл})_о. \quad (3.9)$$

Отже похибка δv дорівнюватиме:

$$\delta_v = 2 \cdot 1,36 = 2,7\%.$$

Сумарну похибку $\delta_{\Sigma 0}$ автоматизованої системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ, можна порахувати за наступною залежністю:

$$\delta_{\Sigma 0} = \delta_{v1} + \delta_{v2} + \delta_{t1} + \delta_{t2} = 2 \cdot (\Delta_{\text{дл}})_0 + 2 \cdot \delta_t. \quad (3.10)$$

Значення δ_t , пораховано вже за (3.5). Звідси сумарна похибка $\delta_{\Sigma 0}$ автоматизованої системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ, становитиме:

$$\delta_{\Sigma 0} = 2,7 + (2 \cdot 0,0011) = 2,7022\%.$$

Отримавши значення похибок за допомогою візуального і автоматизованого методів зняття показів з побутових лічильників газу, та порівнявши їх, можна зробити висновок, що розроблена автоматизована система збору інформації, є точнішою при фіксації показів з ПЛГ ніж при візуальному методі зняття інформації. Отже її розроблення є доцільним рішенням магістерської роботи.

Використовуючи розроблену систему збору вимірювальної інформації з ПЛГ, разом із діагностувальними установками, які наведені як приклад в п.2.2, можна значно спростити процес перевірки побутових газових лічильників, а

також зменшити похибку вимірювань. Це дасть змогу виявляти несправності у роботі лічильних механізмів на початкових етапах. Також за допомогою такого вирішення проблеми, можна здійснювати перевірку побутових лічильників газу в між повірочний період, оскільки великий відсоток несправностей виявляють саме в цей період між 5 – 8 роками експлуатації газового лічильника.

ВИСНОВКИ

Повірка побутових газових лічильників є досить актуальним питанням на сьогоднішній день. Здійснення будь-якого контролю чи повірки є не простим завданням, оскільки, на правильність і точність повірки впливає велика кількість факторів, які необхідно врахувати. Для полегшення та спрощення повірки побутових лічильників газу, була поставлена задача на магістерську роботу, розробити автоматизовану систему збору вимірювальної інформації з побутових лічильників газу.

Провівши аналіз існуючих методів та систем, за допомогою яких здійснюють збір показів з ПЛГ, необхідно було розробити систему, яка б мала меншу похибку при знятті показів з лічильного механізму, ніж існуючі аналоги, але в той же час, була не складною та не вимагала втручання до газового лічильника, чи газопроводу. В ході роботи було здійснено метрологічне дослідження лічильників газу, їх конструкції та методів повірки.

Повірка побутових лічильників газу здійснюється за допомогою повірочних установок. Для підвищення точності, в парі з ними використовуються автоматизовані системи збору вимірювальної інформації. Проте, вони мають ряд недоліків, які були проаналізовані. Після детального вивчення недоліків, було розроблено конструктивні рішення, які дали змогу розробити схему нової автоматизованої системи збору вимірювальної інформації з ПЛГ.

Було розроблено алгоритм для правильної роботи повірочної установки, а також підібрано програмне середовище та розроблено алгоритм роботи для обробки вимірювальної інформації.

Розробивши автоматизовану систему для збору вимірювальної інформації, було здійснено метрологічні дослідження вдосконаленої системи. Була порахована похибка з якою працює автоматизована система збору вимірювальної інформації. Проведений розрахунок показав, що її похибка є удвічі меншою ніж при візуальному знятті показів з лічильного механізму. Отже можна

зробити висновок, що завдання яке ставилось на початку магістерської роботи було виконано.

Оскільки розроблена система збору вимірювальної інформації може працювати в парі з повірочними установками, які працюють як на повітрі так і на природному газі, необхідно було дослідити питання безпечної експлуатації системи збору в умовах повірочної лабораторії. Після проведення аналізу факторів, які можуть негативно вплинути на здоров'я інженера-метролга, що здійснює повірку, було здійснено розрахунок природньої вентиляції, а також були вказані оптимальні умови для роботи з системою збору вимірювальної інформації з ПЛГ.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сливюк П. І. Шапіро О. В., Корольков М. І. Лічильники газу мембранні САМГАЗ. Настанова щодо експлуатування. – Київ, 2010. – 30 с.
2. Усик Г. А., Шушляков Д. О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Газопостачання” – Харків: ХНАМГ, 2004. – 24 с.
3. Облік природного газу: довідник / М. П. Андрійшин, О. М. Карпаш, Я. С. Марчук, І. С. Петришин, О. Є. Середюк, С. А. Чеховський; за редакцією С. А. Чеховського. – Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. – 180 с.
4. Сухий контакт - термін, що означає відсутність у такого контакту гальванічного зв'язку з ланцюгами електроживлення і «землею», тобто контакт гальванічно розв'язаний від керуючого сигналу [Електронний ресурс]: Вікіпедія. – http://ua.wikipedia.org/wiki/Сухий_контакт.
5. ДСТУ ISO 13443:2015 Природний газ. Стандартні умови (ISO 13443:1996, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64355.
6. Промисловий лічильник газу типу GMS [Електронний ресурс]: Техноінком. <http://tehnolog.ck.ua/ua/gazovaya-armatura/schetchiki-obemagaza/product-40.html>.
7. Сидоренко Г. С. Лічильник газу роторний. Настанова з експлуатації. – Київ, 2003. – 22 с.
8. Газовий лічильник "DELTA" Itron (Actaris) [Електронний ресурс]: Техноінком. – <http://www.tehnolog.ck.ua/ua/gazovaya-armatura/schetchiki-obemagaza/product-43.html>.
9. Лічильники газу турбінні TZ / Fluxi Itron (Actaris) [Електронний ресурс]: Техноінком. – <http://www.tehnolog.ck.ua/ua/gazovaya-armatura/schetchiki-obemagaza/product-46.html>.

10. ДСТУ 9035:2020 Метрологія. Лічильники газу для побутових потреб та комерційного обліку. Методика повірки.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90536

11. Пат. 73617 Україна, МПК G01F 3/00. Лічильник газу/ О. Є. Середюк, А. Г. Винничук, Ю. Й. Стрілецький, Р.Я. Тимків, О. Р. Зелінський; Івано-Франківськ. ІФНТУНГ. - № U 2012 05199; заяв. 27.04.2012; опубл. 25.09.2012, Бюл. №18.

12. Бакулін Є. М., Сидоренко С. П., Дарвай І. Я., Карпаш М. О. Досвід використання турбінного вимірювача швидкості потоку газу для експрес-повірки побутових лічильників газу. *Методи та прилади контролю якості* №18. 2007. С 54-58.

13. Пат. 24932 Україна, G01F3/00. Лічильник газу/ М. Ф. Золотов, С. Т. Бойко, В. В. Хохряков, О. Є. Хлібкевич, В. М. Бабіченко; Івано-Франківськ. Інженерно-впровадницька фірма “Темпо”.- № 97115646; заяв. 25.11.1997; опубл. 25.12.1998, Бюл. №6.

14. Обчислювач об’єму газу. Універсал-02. Керівництво з експлуатації. ГРЕМ.020000.001-02 КЕ. https://grempis.com.ua/data/doc/u02_manual.pdf

15. Електронний коректор об’єму газу [Електронний ресурс]: Actaris.- <http://www.actaris.ua/gas/407/409/416/>.

16. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” Із змінами, внесеними згідно із Законами N 4731-VI (4731-17) від 17.05.2014 / Верховна рада України. - Офіц. вид. - К., 2014.- N 1314-VII.

17. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник/ Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г. Б. Сердюк.- Вінниця: ВДГУ, 2001. –219 с.

18. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови (EN 1359:1998, IDT). –К.: Держспоживстандарт України, 2007; УКНД 91.140.40, 45 с.

19. Засоби вимірювальної техніки, занесені до державного реєстру України. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 318 с.

20. ДСТУ EN 12405-2:2018 Лічильники газу. Пристрої перетворювання. Частина 2. Перетворювання в енергію (EN 12405-2:2012, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81570

21. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні вимоги: ДСТУ EN 1359:2006.– К.: Державний стандарт України, 2007. – 45 с.

22. Лічильники газу побутові. Правила приймання та методи випробувань: ДСТУ 3607-97. – [Чинний від 1998-07-01]. – К.: Державний стандарт України, 1997. – 24 с.

23. Метрологія. Лічильники газу побутові. Методи та засоби повірки: Р50-071-98. – [Чинний від 1998-03-27]. – К.: Державний стандарт України, 1998. – III, 20 с.

24. Лічильник газу діфрагмовий Gallus 2002. Паспорт. Actaris metering systems, 2007. – 8 с.

25. Встановлення побутових лічильників газу по фірмах-виробниках ВАТ Івано-Франківськгаз станом на 01.01.2010р. - www.gaz.if.ua.

26. ДСТУ ISO 12213-1:2009 Природний газ. Обчислення фактора стисливості. Частина 1. Настанови (ISO 12213-1:2006, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=83070

27. Пістун Є.П. Матіко Ф. Д. Методика розрахунку коефіцієнта стисливості природного газу з метою його обліку. *Нафтова і газова промисловість*. 2001. С. 53-54.

28. Методические указания. Расход жидкостей и газов. Методика выполнения измерений с помощью специальных сужающих устройств: РД 50-411-83. – [Введен с 1983-06-17]. – М: Изд-во стандартов, 1984. – 52 с.

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, О.Є. Середюк та ін.; за ред.: С. А. Чеховського; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2010. - 534 с.

30. ISO 5167-1:2003. Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full/ - Part 1: general principles and requirements.

31. Вимірювання витрати та кількості газу : довідник / М. П. Андрійшин, С. О. Каневський, О. М. Карпаш та ін. - Івано-Франківськ : Сімик, 2004. - 160 с.

32. ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009 Метрологія. Вимірювання витрати та кількості рідини й газу із застосуванням стандартних звужувальних пристроїв. Частина 2. Діафрагми. Технічні вимоги (ГОСТ 8.586.2-2005 (ИСО 5167-2:2003), IDT; ISO 5167-2:2003, NEQ) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50184

33. Середюк О.Є. Методологія побудови еталонів передавання одиниці об'єму природного газу. *Український метрологічний журнал* №1. 2007.–С. 38-41.

34. Пістун Є.П. Система автоматизованого проектування витратомірів змінного перепаду тиску / Є.П. Пістун, Л.В. Лесовой, Ф.Д. Матіко, О.Я. Масляк; Приладобудування 2009: стан і перспективи: ПХ наук.–техн. конф., 24–25 квітня 2009 р., Київ: зб. наук. праць – Київ: ПБФ, НТУУ “КПІ”, 2009. – С. 214–215.

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

36. Середюк О.Є., Чеховський С.А., Винничук А.Г. Техніко-метрологічні засади побудови діагностувальних установок для побутових лічильників газу. *Нафтова і газова промисловість* №6. 2006. С. 38-42.

37. Інструкція щодо обслуговування та експрес-контролю побутових лічильників газу, які знаходяться в експлуатації. – Офіц. вид. – [Затв. 1996-02-28. Держ. ком. нафтової, газової та нафтопереробної промисловості]. – К., 1996. – 19 с.

38. Середюк О.Є., Прудніков Б.І. Діагностика побутових лічильників газу на місці експлуатації. Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного

контролю і технічної діагностики промислового обладнання: наук.-техн. конф., 2-5 листопада 1999 р., Івано-Франківськ : матеріали конф. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1999. – С. 79-81.

39. Винничук А.Г. Середюк О.Є. Метрологічні дослідження перевіркової установки для побутових лічильників газу. *Нафтогазова енергетика* № 1(14) Івано-Франківськ, 2011. С. 102-108.

40. Гончарук М. І., Середюк М. Д., Шелудченко В. І. Довідник з газопостачання населених пунктів. - Івано-Франківськ.: Сімик, 2006.- 1313 с

41. Зелінський О. Р. Вдосконалення установки для метрологічного контролю побутових лічильників газу/ О. Р. Зелінський, Я. Р. Тимків, О.Є. Середюк// Збірник тез доповідей V науково-практичної конференції студентів та аспірантів/ Погляд у майбутнє приладобудування. – Київ, 2012. – С. 244.

42. Зелінський О. Р. Використання 3D технологій при моделюванні стенду для діагностування побутових лічильників газу/ О. Р. Зелінський, Р. Я. Тимків, О. Є. Середюк// Збірник тез доповідей 3-ї науково-практичної конференції студентів і молодих учених/ методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання.- Івано-Франківськ, 2011.- С. 65-67.

43. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення. З Поправкою (ПС № 8-96) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78591

44. Жила О. І. Електронний секундомір з цифровим відліком для навчальних дослідів з фізики. Науковий вісник ВДУ ім. Лесі Українки, № 14/ О.І. Жила, О.С. Мартинюк.- Луцьк,1999.– С. 74-81.

45. Рибалко В. В. Система технічного зору в інтегрованих комплексах безпеки/ В. В. Рибалко, Г.В. Рудакова.- Херсон, 2007.- 100 с.

46. ДСТУ EN 12480:2006 Лічильники газу роторні. Загальні технічні умови (EN 12480:2002/A1:2006, IDT). Зміна № 1:2014 https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62933

47. Похибка вимірювання – це відхилення результату вимірювання від істинного значення вимірюваної фізичної величини [Електронний ресурс]: Вікіпедія.-http://uk.wikipedia.org/wiki/Похибка_вимірювання.