УДК 532.696.1

С.А. Чеховський[1], Б.І. Прудніков[2], О.Є. Середюк[1], Н.М. Піндус[1], Н.Б. Долішня[1], Г.О. Сенів[1], І.О. Ярошенко[1]

[1]*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ*
[2]*ПАТ «Івано-Франківськгаз», Івано-Франківськ, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

В статті досліджується проблема виявлення втрат природного газу при його транспортуванні в умовах комерціалізації газового ринку. Спроектовано та проаналізовано мобільний витратовимірювальний комплекс, що використовується для виявлення витоків природного газу в газорозподільних мережах. Здійснена метрологічна оцінка його складових із застосуванням причинно-наслідкової діаграми та розраховано розширену невизначеність.

Ключові слова: *газопостачання, витратовимірювальний комплекс, невизначеність вимірювання, вимірювання витрати природного газу.*

Вступ

Постановка проблеми. Визначення величини втрат природного газу в схемах газопостачання в умовах обмеженості енергоресурсів, їх зростаючої вартості, збільшенні учасників газового ринку набуває важливого значення. Зазначені втрати газу характеризуються різницею між надходженням і реалізацією газу споживачам, виробничо-технологічними втрати (ВТВ), на власні потреби та транспортування газу. Пропонуються шляхи визначення величини втрат природного газу в системах газопостачання, без припинення подачі газу шляхом оцінки щільності газотранспортної мережі та справності обладнання газорозподільних пунктів та інших розподільчих пристроїв за допомогою проведення непрямих та опосередкованих вимірювань в розгалужених схемах газопостачання.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Аналіз причин втрат природного газу і розробка шляхів їх визначення є об'єктом досліджень провідних фахівців України, про що свідчать численні наукові публікації [1, 2, 6, 10].

З метою раціонального використання ресурсів природного газу та зменшенню його втрат НАК "Нафтогаз України" розроблені та реалізовані організаційні заходи посилення контролю за цільовим використанням природного газу та зменшення фізичних втрат природного газу в розподільних газопроводах. Згаданий вид втрат спостерігається при поставках природного газу населенню і пояснюється виникненням від'ємної різниці між обсягами газу, обчисленими та оплаченими за затвердженими нормами споживання та використаними фактично.

У 2003 році НАК "Нафтогаз України" було розроблено, а згодом затверджено відповідним наказом Мінпаливенерго та зареєстровано в Мін'юсті Методику визначення питомих втрат природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами та Методику визначення питомих виробничо-технологічних витрат природного газу, які були введені в дію у січні 2004 року. Це дозволило всім суб'єктам господарювання, які мають ліцензію на транспортування природного газу розподільними мережами, на практиці застосовувати єдиний підхід при нормуванні та обліку ВТВ, враховувати неоднорідність видів витрат, диференціювати норми у відповідності зі структурою конкретної газорозподільної мережі тощо.

З метою посилення контролю за транспортуванням та реалізацією природного газу споживачам України в НАК "Нафтогаз України" розроблено та поетапно впроваджується автоматизована система контролю за газопостачанням.

Цією системою, зокрема, передбачено створення Єдиного реєстру споживачів газу в Україні, який дасть змогу електронними засобами постійно контролювати в розрізі кожного споживача доведені плановим розподілом обсяги споживання природного газу, коригувати їх протягом місяця поставки, відслідковувати фактичне використання, а також забезпечувати своєчасне та достовірне зведення балансу надходження та реалізації газу.

У напрямку аналізу теоретичних і практичних розробок експрес-методів вимірювання витрати газу незважаючи на відсутність в даний час нормативного документа на проведення технічного діагностування загальновідомими є як технічні принципові розробки і напрацювання [7], так і нормативна база України. Однак, практичної реалізації набув тільки метод, регламентований „Інструкцією щодо обслуговування та експрес-контролю побутових лічильників газу..." [5].

© С.А. Чеховський, Б.І. Прудніков, О.Є. Середюк, Н.М. Піндус, Н.Б. Долішня, Г.О. Сенів, І.О. Ярошенко

Варто зупинитись на розробці фахівців ВАТ „Львівгаз" у співдружності з науковцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу портативного пристрою для бездемонтажного діагностування побутових лічильників газу (ПЛГ) на місці експлуатації [9] у відповідності з вимогами "Інструкції..." [5], який характеризується суттєвим розширенням діапазону вимірювання як в сторону мінімальних діагностованих витрат , так і в сторону великих витрат. Розроблений пристрій фактично синтезує рішення згідно вимог документів [5] і характеризується діапазоном контрольованих витрат (0,04...6) $м^3$/год, границею основної допустимої похибки (теоретично розраховане значення) – ±3%.

Зазначений портативний пристрій виключає недоліки практичної реалізації експрес-контролю ПЛГ з використанням методики, запропонованої фахівцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу і ВАТ „Івано-Франківськгаз", яка передбачає використання в якості еталонного вузла звужуючого пристрою у комплекті з відповідними зразковими засобами вимірювання тиску, перепаду тиску і температури газу, які монтуються в газовій магістралі послідовно з досліджуваним ПЛГ у відповідності до однієї із стандартизованих схем. Водночас, особливістю установки є використання спеціальної конструкції набору звужуючих пристроїв, які встановлюються у технологічне обладнання газоспоживачів (плитки, печі тощо) на період дослідження замість дроселюючих пристроїв чи пальників.

Фахівцями університету нафти і газу і ДП „Івано-Франківськстандартметрологія" (м. Івано-Франківськ) запропоновано нове технічне рішення установок [3], якій були би властиві всі переваги вимірювання критичними витратомірами і водночас було би можливим її функціонування в мережах низького тиску, чим досягається повірка засобів обліку газу, які експлуатуються відповідно при низьких тисках.

Принцип дії повірочної установки полягає в безпосередньому порівнянні показів послідовно змонтованих досліджуваного приладу і еталонного засобу вимірювання об'єму чи витрати газу. Основними інформативними параметрами повірочної установки є значення абсолютного тиску P_{21}, P_{22}, P_{2i} і абсолютної температури T_{21}, T_{22}, T_{2i} ізоентропічно заторможеного газу перед критичним соплом (індекс "i" може набувати максимального значення, яке відповідає кількості паралельних ліній критичних витратомірів), які визначають масову витрату Q_{mi} в і-й лінії:

Серед новітніх технічних рішень, за допомогою яких відкриваються можливості як повірки ПЛГ так і їх метрологічного забезпечення на заводах-виготовлювачах можуть бути мобільні повірочні установки на базі критичних сопел для приладів обліку газу в мережах низького тиску. Однак широкого практичного застосування до теперішнього часу в Україні такі діагностувально-повірочні установки не набули, оскільки для їх функціонування потрібне суттєве (близько дворазове) перевищення абсолютного тиску на вході критичного сопла порівняно з тиском на його виході.

Зауважимо, що практичне впровадження проаналізованих діагностувально-метрологічних пристроїв та установок в даний час стримується невирішеними принциповими питаннями юридичного аспекту. До них відносяться насамперед відсутність нормативного документа, який зобов'язував би газоспоживачів до обов'язкового подання ПЛГ на позачергову перевірку у випадку виявлених відхилень метрологічних характеристик ПЛГ від нормативно регламентованих під час їх діагностування.

Нами пропонується метод визначення величини втрат природного газу в схемах газопостачання побудований на балансі між виміряним об'ємом газу або вузлом обліку газу газорозподільної станції, або дублюючим після газорозподільної станції, або вузлом обліку по напрямку, або вузлом обліку в газорегуляторному пункті, або мобільним вузлом обліку газу та сумарним об'ємом газу спожитого підприємствами, абонентами, які охоплені відповідним вузлом обліку газу.

Актуальність і мета статті – вирішення проблеми виявлення втрат природного газу при його транспортуванні в умовах комерціалізації газового ринку.

Виклад основного матеріалу

Виявлення та усунення втрат природного газу включає широкий спектр організаційних, технічних, технологічних та метрологічних задач, розв'язання яких здійснюється впровадженням організаційних заходів, спрямованих на забезпечення мінімізації втрат газу, а також комплексу технічних рішень щодо забезпечення високої точності та вірогідності обліку газу на всіх етапах транспортування.

Невід'ємною ланкою при транспортуванні природного газу є мережі газопостачання, щільність яких та надійна робота регуляторів тиску газу, захисного обладнання, запірної арматури є запорукою надійного, безаварійного, успішного, без втрат, транспортування природного газу мережами газопостачання.

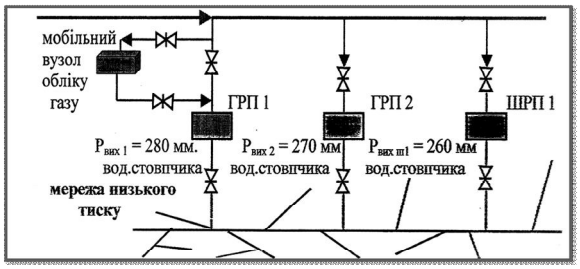
Структура втрат природного газу в газотранспортній мережі представляє собою втрати в газорозподільних мережах за рахунок:

1. Негерметичності підземної і внутрішньобудинкової частини газорозподільних газопроводів населених пунктів.
2. Негерметичності підземної частини газопроводів.
3. Негерметичності в схемах газопостачання підприємств.

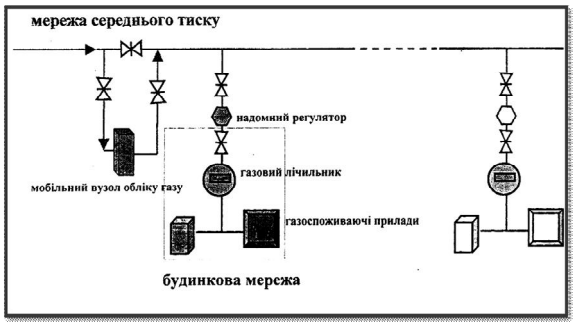
Пропонуємо визначати щільність газотранспортної системи опосередкованим методом, що базується на складанні балансу погодинного нічного споживання газу обстежуваного району по закінченні опалювального сезону, коли температура навколишнього середовища більша +16 °С. Згадане

опосередковане вимірювання покладено в основу проекту методу виявлення витоків природного газу в газорозподільних мережах з використанням мобільного витратовимірювального комплексу.

Вимірювання з метою виявлення витоків природного газу проводитимуться в різних схемах газопостачання, зокрема в закільцьованій та однотрубній схемах (рис. 1) в газорегуляторних пунктах, регуляторах шафового типу, на розподільних газопроводах середнього і низького тиску. Вимірювання витрати повинні проводитися згідно до порядку по проведенню робіт при проведенні вимірювань. Період проведення вимірювань від 1 до 7 діб.



а



б

Рис. 1. Закільцьована (а) та однотрубна (б) схеми газопостачання

Під час вимірювань необхідно дотримуватися умов безаварійного газопостачання, та переконатись, що всі регулятори ШРП, ГРП, окрім ГРП, де змонтований комплекс в кільці, в нічні години (в години мінімального споживання) відключаються автоматично, при підвищенні на ньому вихідного тиску на 600÷800 Па більше, ніж на інших ГРП.

Для визначення місць витоків газу проводиться вимірювання тиску в мережах куща за схемою приведеною на рис. 2.

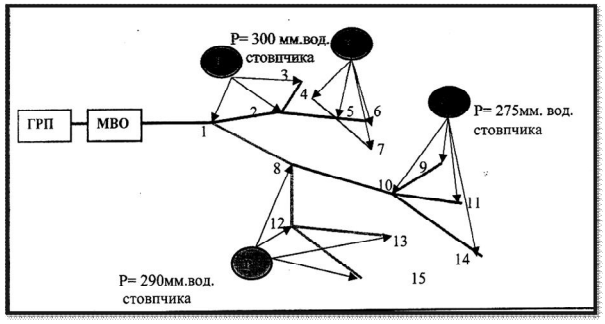


Рис. 2. Схема для визначення місць витоків газу

Мобільний вузол обліку газу встановлений після газорегуляторного пункту. По значеннях виміряного надлишкового тиску контрольно-вимірювальним приладом з діапазоном 0÷5кПа в точках вказаних на схемі будемо судити про наявність витоків на ділянках. При виміряних значеннях тисків Р1=Р2=РЗ=Р4=Р5=Р6=Р7, а Р8<Р2, РЗ…Р7 у відгалуженні 1 витоків немає, аварійний газопровід між точками 8, 10.

Необхідний для проведення вимірювань по виявленні витоків газу –мобільний витратовимірювальний комплекс – являє собою переносний вимірювальний комплекс оснащений лічильником газу, коректором об'єму газу, під'єднувальним комплектом шлангів, трубних переходів та інструментів, сигналізатором загазованості, контрольно-вимірювальними приладами, схема підключення якого до трубопроводу, зображена на рис. 3. Мобільний комплекс обліку газу включається як байпасна лінія до вхідної або вихідної засувки ГРП, ШРП в газорозподільних мережах.

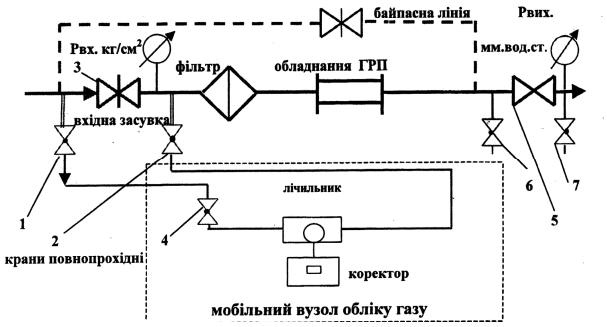


Рис. 3. Схема підключення переносного комплексу в ГРП

В структурну схему мобільного витратовимірювального комплексу (рис. 4) входять прилади призначені для вимірювання наступних фізичних величин: витрати, тиску, температури, густини газу та компонентного складу газу. Результати вимірювань зведено на централізований пункт обробки інформації.

Вибір приладів і засобів вимірювання для реалізації функціональної схеми мобільного вузла обліку газу було здійснено у відповідності до вимог, які представлені до засобів вимірювальної техніки.

Сформулюємо вимоги до апаратної частини витратовимірювального комплексу. Для вимірювання густини газу за робочих умов допускається застосування густиномірів будь-якого типу, що враховують зміну складу газу, його температури та тиску у місці вимірювань.

Відстеження зміни густини газу забезпечують створенням потоку газу через чутливий елемент густиноміра.

У загальному випадку тиск і температура, а отже, і густина газу за робочих умов в чутливому елементі густиноміра відрізняються від значень цих параметрів у місці відбору проб. Тому показання

густиноміра коректують урахуванням різниці тиску і температури у густиномірі та місцях відбору проб за формулою

$$\rho_{\text{п}} = \rho_0(P_{\text{п}} \cdot T_0 / P_0 \cdot T_{\text{п}}) = \rho_0[1 - \Delta T/T_{\text{п}}] \cdot [1 - \Delta P/P_{\text{п}}],$$

де $\rho_{\text{п}}$, $T_{\text{п}}$, $P_{\text{п}}$ – відповідно густина, абсолютна температура та абсолютний тиск газу у місці відбору проби; ρ_0, T_0, P_0 – відповідно густина, абсолютна температура та абсолютний тиск газу в чутливому елементі густиноміра.

Верхня границя вимірювань ЗВТ тиску повинна перевищувати максимальний робочий тиск газу у газопроводі на (10…15) %.

Місце відбору тиску повинно розташовуватись в корпусі лічильника газу.

Для засобів вимірювань температури газу повинні виконуватись умови:

$$(t_{\min 0} + 273{,}15) \le (t_{\min} + 273{,}15);$$

$$(t_{\max 0} + 273{,}15) \le (t_{\max} + 273{,}15).$$

З урахуванням зазначених вимог у спроектований мобільний витратовимірювальний комплекс входять:

- для вимірювання витрати газу – турбінний лічильник газу TZ/FLUXI або роторний РГА, РГС;
- для вимірювання густини газу – густиномір RO-Z;
- для обчислення витрати газу, приведеної до стандартних умов температури та тиску газу – коректор об'єму газу OE-VPT.

З метою кількісної оцінки якості вимірювання втрат газу за допомогою запропонованого витратовимірювального комплексу згідно з [4] доцільним є застосування концепції невизначеності.

Для характеристики джерел невизначеності витратовимірювального комплексу здійснена метрологічна оцінка його складових із застосуванням причинно-наслідкової діаграми та розраховано розширену невизначеність, що становить не більше 6 (рис. 5).

Висновки

1. Підібрано прилади для мобільного вузла обліку газу.

2. Оцінено складові частини мобільного витратовимірювального комплексу.

3. Визначено джерела невизначеності кожної складової частини комплексу та їх характеристики.

Сформована причинно-наслідкова діаграма для вимірювання втрат газу на основі аналізу джерел невизначеності та розраховано розширену невизначеність, яка становить не більше 6.

Список літератури

1. Гончарук М.І. Аналіз причин втрат природного газу / М.І. Гончарук // Нафтова і газова промисловість.– 2003. – № 1. – С. 51-53.

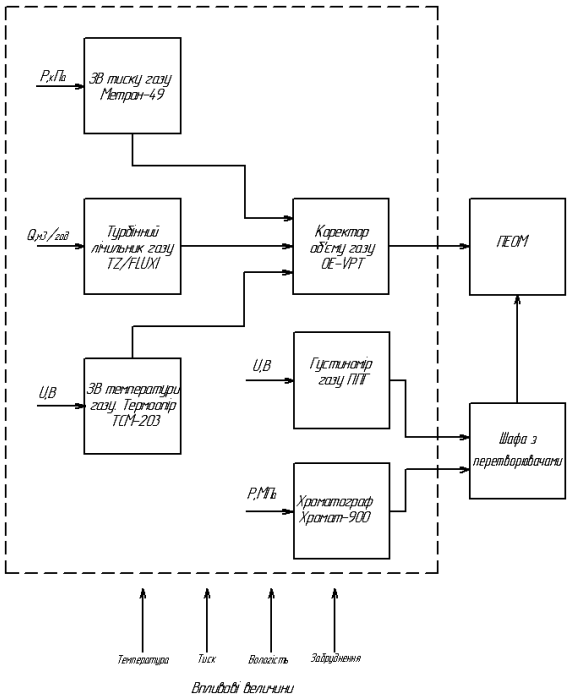


Рис. 4. Структурна схема мобільного витратовимірювального комплексу

2. Гончарук М.І. Раціональне використання природного газу як одна із складових збереження його ресурсів / М.І. Гончарук, С.А. Чеховський, О.Є. Середюк // Нафтова і газова промисловість. – 2005. – № 2.– С. 3-10.

3. Деклараційний пат. 54316 А Україна, МКВ G01F25/00. перевірочна установка / І.С. Петришин, О.Є. Середюк (Україна). – №2002076003; Заявл. 19.07.02; Опубл. 17.02.03. – 3с.

4. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. – Х..: Консум, 2002 – 256 с.

5. Інструкція щодо обслуговування та експрес-контролю побутових лічильників газу, які знаходяться в експлуатації. – К., 1996. – 19 с.

6. Пістун Є.П. Облік та економія природного газу / Є.П. Пістун // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 2.– С. 43-47.

7. Пистун Е.П. Расчет оптимальных по точности измерения стандартных сужающих устройств на ЭЦВМ / Е.П. Пистун, И.С. Крук // Измерительная техника. – 1980. – № 1. – С. 48-49.

8. Повірка побутових лічильників газу під час експлуатації / О.Є Середюк, Т.І. Лісевич, Б.І. Прудніков, Я.С. Федоришин // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – № 3. – С. 89-91.

9. Портативний пристрій для бездемонтажного діагностування побутових лічильників газу / О.Є. Середюк, Р.Г. Чайковський, В.М. Ястремський, І.В. Мік // Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання: матеріали НТК Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу м. Івано-Франківськ, 3-6 грудня 2002 р. – Івано-Франківськ, 2002. – С. 100-103.

10. Строй А.Ф. Комерційні втрати газу та шляхи їх скорочення / А.Ф. Строй, О.В. Ковальов // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 6. – С. 49-51.

Надійшла до редколегії 24.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

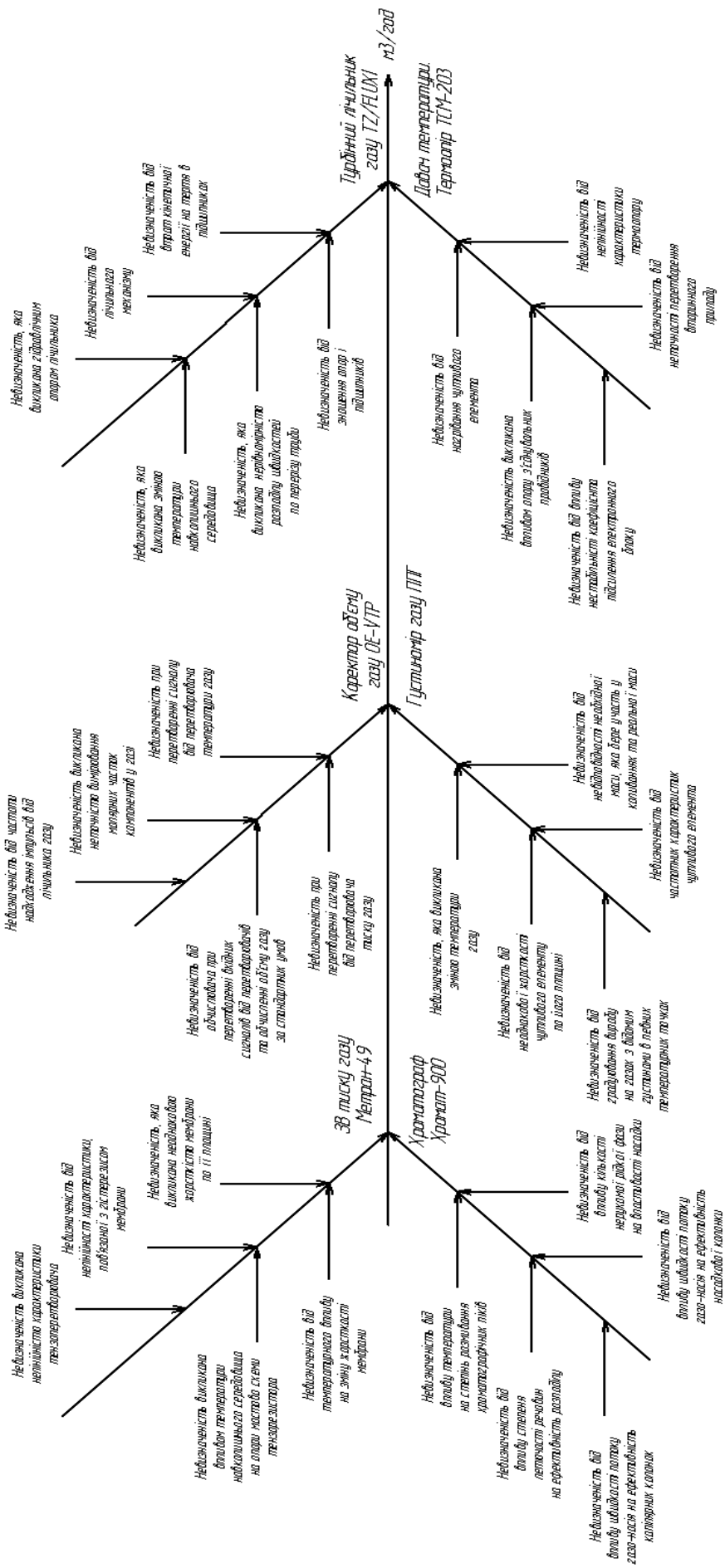


Рис. 5. Причинно-наслідкова діаграма для вимірювання втрат газу

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСХОДОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УТЕЧКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

С.А Чеховский, Б.И. Прудников, О.Е. Середюк, Н.Н. Пиндус, Н.Б. Долишня, Г.А. Сенев, И.О. Ярошенко

В статье исследуется проблема выявления утечек природного газа при его транспортировке в условиях коммерциализации газового рынка. Спроектирован и проанализирован мобильный расходоизмерительный комплекс, используемый для обнаружения утечек природного газа в газораспределительных сетях. Осуществлена метрологическая оценка его составляющих с применением причинно-следственной диаграммы и рассчитана расширенная неопределенность.

Ключевые слова: *газоснабжение, расходоизмерительный комплекс, неопределенность измерения, измерение расхода природного газа.*

RESEARCH OF METROLOGY DESCRIPTIONS OF FLOW METER MEASURING SYSTEM FOR EXPOSURE OF NATURAL GAS LOSS IN GAS-DISTRIBUTING NETWORKS

S.A Chekhovskiy, B.I. Prudnikov, O.E. Seredyuk, N.N. Pindus, N.B. Dolishnya, G.A. Senev, I.O. Yaroshenko

In the article the problem of exposure of natural gas losses during its transporting in the conditions of commercialization of gas market is investigated. Mobile flow meter measuring complex for finding of natural gas losses in gas-distributing networks are projected and analyzed. The metrology estimation of its contributions with the help of cause and effect diagram is carried out and its expanded uncertainty is estimated.

Keywords: *gas supply, flow meter measuring complex, uncertainty in measurement, flow measurement of natural gas.*