

687.518
Д 20

Національний університет „Львівська політехніка”

Дарвай Ірина Ярославівна

I. Darvai

687.518 + 536.6 (043)

УДК 620.93

Д 20

ЕКСПРЕС МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

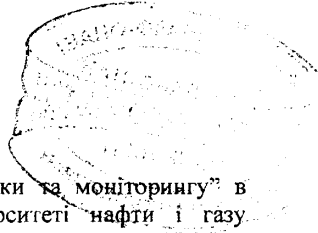
Спеціальність 05.11.13 Прилади і методи контролю
та визначення складу речовин

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Львів – 2010

Дисертацією є рукопис



Робота виконана на кафедрі „Технічної діагностики та моніторингу” в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Карпаш Олег Михайлович
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, проректор з наукової роботи, завідувач кафедри „Технічної діагностики та моніторингу”

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Теплюх Зеновій Миколайович
Національний університет „Львівська політехніка”, професор кафедри автоматизації теплових і хімічних процесів
доктор технічних наук, професор
Степцель Йосип Іванович
Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, завідувач кафедрою комп’ютерно-інтегрованих систем управління

Захист відбудеться 22 жовтня 2010 р. о 16.⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.04 при Національному університеті „Львівська політехніка” за адресою: 79013, Львів-13, вул. С.Бандери, 12, ауд.51 X-го учбового корпусу

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Національного університету „Львівська політехніка” (79013, м.Львів-13, вул.Професорська, 1)

Автореферат розісланий 11 09 2010 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

Вашкурак Ю.З.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світовий досвід показує, що важливою в розрахунках між постачальниками та споживачами є не лише кількість природного газу, а і його якісні показники. Одним із основних серед цих показників є теплота згоряння природного газу (ТЗПГ).

В контрактах на постачання природного газу з Росії до України відповідно до вимог ГОСТ 5542-87 нижча ТЗПГ становить не менше за 7600 ккал/м^3 ($31,8 \text{ МДж/м}^3$).

На практиці для визначення ТЗПГ застосовують два основних методи: розрахунковий (за компонентним складом природного газу) згідно з ГОСТ 22667-82 та експериментальний (визначення теплоти згоряння водяним калориметром) за ГОСТ 27193-86. Обидва методи визначення ТЗПГ мають ряд суттєвих недоліків, серед яких основними є: значні часові та вартісні затрати на проведення дослідження, неможливість моніторингу теплоти згоряння безперервно (в режимі реального часу).

Тому дослідження нових методів визначення складу газового середовища, в т.ч. і методів експрес-контролю ТЗПГ безпосередньо у споживачів є актуальною науково-прикладною задачею. Вирішення цієї задачі дозволить підвищити ефективність використання природного газу та забезпечити коректність розрахунків між його постачальниками та споживачами.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась у рамках Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. (розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р), науково-дослідних робіт „Розроблення нового методу контролю енергетичних характеристик природного газу” (№ держреєстрації 0109U002650) та „Розроблення нових методів експрес-контролю енергетичних характеристик природного газу” (№ держреєстрації 0110U002627) на замовлення МОН України.

Мета роботи полягає у вирішенні актуальної науково-прикладної задачі дослідження методів визначення складу газового середовища, розробленні методу контролю теплоти згоряння природного газу, його експериментального перевіряння та промислової апробації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- проаналізувати сучасні існуючі методи контролю якості природного газу та стан їх реалізації в технічних засобах;
- дослідити нові інформативні параметри визначення ТЗПГ та розробити новий метод контролю якості природного газу;
- встановити наявність та характер взаємозв'язків між досліджуваними інформативними параметрами та ТЗПГ;
- розробити, виготовити та здійснити дослідне перевіряння експериментального зразка установки для контролю якості природного газу та методику визначення ТЗПГ в промислових умовах, що реалізують розроблений метод.

Об'єктом дослідження є виділення тепла в процесі згоряння природного газу.

Предметом дослідження є методи та засоби визначення якості природного газу.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі задач, зокрема для розроблення нового способу, використано методи неруйнівного контролю, математичного моделювання, кореляційного аналізу та сучасні методи статистичного оброблення експериментальних та довідкових даних (штучні нейронні мережі). Під час виконання експериментальних досліджень використано методи планування експерименту, теорії імовірності. Розроблення технічного засобу здійснено з використанням методів схемо- та системотехніки. Для розроблення програмного забезпечення мікропроцесорної системи технічного засобу застосовано методи алгоритмізації та програмування.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- вперше доведено можливість використання окремих фізико-хімічних параметрів природного газу (швидкість поширення звуку в газі, вміст діоксиду вуглецю та вміст азоту), що регламентуються чинними нормативними документами, як інформативних для визначення ТЗПГ;

- вперше розроблено новий метод контролю ТЗПГ, суть якого полягає в одночасному вимірюванні швидкості звуку в природному газі та вмісту діоксиду вуглецю, наступному обробленні результатів вимірювань в спеціально розробленій штучній нейронній мережі, що дозволяє визначати ТЗПГ із похибкою приведеною до діапазону 1,5%;

- вперше встановлено нелінійний характер залежності ТЗПГ від швидкості поширення звуку в газі, що було покладено в основу розроблення методу для контролю ТЗПГ;

- удосконалено методологію зменшення кількості інформативних параметрів, що використовуються при проведенні визначення якісних показників матеріалів, що даю змогу для вирішення розроблення нового методу контролю ТЗПГ вилучити із переліку інформативних параметрів вміст азоту, а також спростити технічний засіб визначення ТЗПГ за умови збереження при цьому задовільної достовірності та повторюваності результатів контролю;

- знайшов подальший розвиток метод акустичного контролю шляхом удосконалення способу та розроблення спеціалізованої конструкції блоку вимірювання швидкості поширення звуку в газі з урахуванням його температури та вологості.

Положення, що виносяться на захист.

1. Новий експрес-метод визначення теплоти згорання природного газу.

2. Залежність теплоти згорання природного газу від швидкості поширення звуку в ньому.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні технічного засобу для контролю теплоти згорання природного газу (пройшов успішну промислову апробацію у випробувальному центрі ДП „Івано-Франківськ-стандартметрологія” та ВАТ „Івано-Франківськгаз”), а також проекту нормативного документу, узгодженого зі стандартом ISO 15112, що регламентує технологію визначення ТЗПГ у виробничих умовах основних груп споживачів природного газу. Удосконалений метод, завдяки використанню нових інформативних параметрів та їх комплексного врахування, є корисним інструментом для швидкого отримання точних значень теплоти згорання природного газу.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Зокрема, особисто автором:

- запропоновано новий підхід до визначення теплоти згоряння природного газу, який передбачає врахування кількох інформативних параметрів [1, 6, 2], які вибрано шляхом комп'ютерного моделювання за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ) [9, 10], а також розроблено новий метод [3-4, 11] визначення теплоти згоряння і запропоновано шляхи його технічної реалізації у вигляді експериментальної установки [13];

- одержано експериментальні залежності теплоти згоряння природного газу від швидкості поширення звуку та вмісту діоксиду вуглецю в газі [5];

- розроблено методику та проведено комплекс експериментальних досліджень [5];

- розроблено структурні та функціональні схеми експериментальної установки для визначення ТЗПГ, а також розроблено алгоритм її роботи [5, 7, 8];

- виконано метрологічну оцінку результатів вимірювань експериментальної установки [6, 12].

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри „Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції” Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) у 2004-2010рр., міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених „Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії”, (м. Івано-Франківськ, 2008 р.), 6-тій Національній науково-технічній конференції і виставці „Неруйнівний контроль та технічна діагностика” (м. Київ, 2009 р.), міжнародній науково-технічній конференції та виставці „Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи” (м. Івано-Франківськ, 2009 р.), 2-гій науково-практичній конференції студентів і молодих учених „Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання” (м. Івано-Франківськ, 2009 р.), XV міжнародній науково-технічній конференції „ЛЕОТЕСТ-2010” „Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів” (м. Славське, 2010 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 13 друкованих праць, з них 7 - статті у фахових наукових виданнях, затверджених ВАК України, в тому числі 1 - одноособова, 1 – у закордонному науковому виданні з імпаکت-фактором, 1 - патент України на винахід, 5 - тези доповідей на конференціях.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертація викладена на 154 сторінках. Крім того робота проілюстрована 44 рисунками, включає 18 таблиць, список використаних джерел із 105 найменувань та 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* дано загальну характеристику дисертаційної роботи. Розкрито суть та стан науково-технічної проблеми контролю теплоти згоряння природного газу. Обґрунтовано актуальність теми, на підставі чого сформульовані мета та основні

задачі дослідження. Висвітлено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

У першому розділі проведено аналіз показників якості природного газу відповідно до чинних нормативних документів в Україні та закордоном. Показано, що основним показником призначення природного газу є теплота згоряння. Проаналізовано існуючі методи та засоби визначення теплоти згоряння природного газу. Дослідження щодо визначення теплоти згоряння неруйнівними методами проводили багато зарубіжних та вітчизняних вчених – І.С. Крук, О.М. Химко, Пістун Є.П., Б.І. Стадник, Теплюх З.М., Стенцель Й.І., В.П. Мотало, В.А. Істомін, М. R. Moldover, T. J. Buckley, T. B. Morrow, E. Kelner, A. Minachi, T. E. Owen, D. L. George, M. G. Nored, C. J. Schwartz, Amir Attari, Donald L. Klass та інші. Однак, їх увага зосереджувалась, в основному, на розробленні та технічній реалізації хроматографічних та калориметричних методів контролю.

Методи визначення ТЗПГ характеризуються тим, що їх реалізація можлива у лабораторних умовах, а підготовка та вартість проведення досліджень цими методами пов'язана із значними фінансовими та часовими витратами. Типовий час дослідження однієї проби пристроями, що реалізують обидва методи складає 20-30 хвилин. Характерний недолік реалізації калориметричного методу пов'язаний із безпосереднім спалюванням природного газу, а хроматографічний метод за своєю суттю є непрямим методом і не враховує вплив неуглеводневих складових газу (азоту, діоксиду вуглецю тощо).

Встановлено вимоги до методу експрес-контролю теплоти згоряння природного газу, головними серед яких є відсутність у потребі спалювання, швидкість виконання досліджень, можливість використання у польових умовах, достатня точність. Показано необхідність розроблення нового методу та експериментальної установки контролю теплоти згоряння природного газу. Сформульовано суть наукового завдання, що потребує вирішення та обрано напрямки подальших досліджень.

В другому розділі виконано теоретичні дослідження нових підходів та методів визначення теплоти згоряння природного газу.

Теплота згоряння природного газу визначається позитивним впливом вуглеводневих компонентів, що при спалюванні виділяють тепло (метан, етан, пропан, бутани, пентани, гексани, гептани та октани) та негативним впливом компонентів, що не виділяють тепла, або заважають спалюванню вуглеводневих (азот, діоксид вуглецю, кисень, меркаптани, інертні гази тощо).

На першому етапі досліджень було виконано кореляційний аналіз основних фізико-хімічних параметрів природного газу, що регламентуються нормативними документами, з метою встановлення виявлення їх взаємозв'язків із ТЗПГ як основним показником якості природного газу.

Для цього було використано базу, до якої входять 95 зразків сумішей природного газу, яка була сформована Південно-західним дослідницьким інститутом (США). Ця база є модифікованою множиною сумішей природного газу значення показників якої отримано шляхом хроматографічного аналізу.

Як видно з результатів кореляційного аналізу (табл.1) високі значення коефіцієнтів можна спостерігати між теплою згоряння природного газу та деякими вуглеводнями (етан, пропан, *i*-бутан, *n*-бутан, *i*-пентан, *n*-пентан). Ця залежність є логічною, оскільки вуглеводні виділяють основну частину тепла при спалюванні природного газу. А от подальше спадання коефіцієнтів кореляції з теплою згоряння на *n*-гексані, *n*-гептані та *n*-октані можна пояснити мізерним вмістом цих компонентів у природному газі.

Таблиця 1 – Результати кореляційного аналізу показників якості природного газу

Показник	Теплота згоряння	Швидкість поширення звуку	Вміст азоту	Вміст діоксиду вуглецю
Теплота згоряння	1			
Швидкість поширення звуку	-0,6486	1		
Вміст азоту	-0,3689	0,0154	1	
Вміст діоксиду вуглецю	-0,3669	-0,3063	-0,1778	1
Густина	-0,5940	-0,9970	0,0066	0,3653
Молекулярна маса	0,5916	-0,9968	0,0084	0,3671
Метан	0,5788	0,9700	-0,2141	-0,2141
Етан	0,8641	-0,9019	-0,0728	-0,0728
Пропан	0,9226	-0,7958	-0,1974	-0,1974
<i>i</i> -бутан	0,9124	-0,8593	-0,1418	-0,1418
<i>n</i> -бутан	0,9124	-0,8593	-0,1418	-0,1418
<i>i</i> -пентан	0,7463	-0,7956	-0,0529	-0,0529
<i>n</i> -пентан	0,7463	-0,7596	-0,0529	-0,0529
<i>n</i> -гексан	0,3233	-0,3403	-0,0313	-0,3130
<i>n</i> -гептан	-0,3891	0,1274	0,2279	0,2279
<i>n</i> -октан	-0,2115	0,2639	-0,0173	-0,0173

З табл. 1 видно, що швидкість звуку в газі також корелює з параметрами газу, як і теплота згоряння. Причому, швидкість звуку досить сильно корелює і з густиною газу, і з молекулярною масою, що можна пояснити фізичним зв'язком між цими параметрами. Цікаво, що коефіцієнти кореляції „швидкість звуку – вуглеводневі компоненти” є навіть трохи вищими, ніж „теплота згоряння – вуглеводневі компоненти”. Схожість картин з коефіцієнтами кореляції для теплоти згоряння та швидкості поширення звуку в газі підтверджує і коефіцієнт кореляції „теплота згоряння – швидкість поширення звуку”, який дорівнює -0,6486. Це значення вказує на наявність нелінійного обернено пропорційного зв'язку між параметрами.

Отже, можна зробити висновок, що швидкість поширення звуку в природному газі (рис.1) корелює з параметрами, які характеризують хімічний склад (коефіцієнти кореляції мають досить високі значення – понад 0,9), проте

швидкість поширення значно менше пов'язана з вмістом азоту та діоксиду вуглецю. На рисунку 1 як апроксимуючу обрано квадратичну залежність:

$$y=0.85x^2-790x+19000, \quad (1)$$

де y – ТЗПГ, x – швидкість поширення звуку в газі.

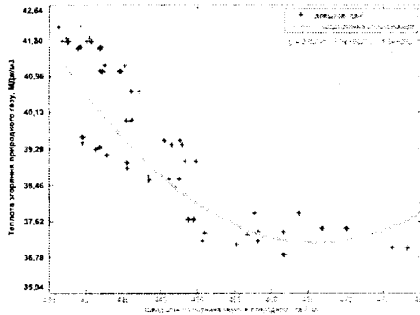


Рис.1. Залежність теплоти згоряння природного газу від швидкості поширення звуку (за довідковою базою даних)

Таким чином, можна зробити висновок, що для контролювання теплоти згоряння природного газу достатньо визначати лише швидкість поширення звуку в газі, а також вміст азоту та діоксиду вуглецю. Результати кореляційного аналізу вказали загалом на те, що теплота згоряння газу є нелінійною функцією комплексу таких параметрів, як швидкість поширення звуку в газі, вміст азоту та діоксиду вуглецю.

Проте, враховуючи нелінійність взаємозв'язків ТЗПГ з обраними параметрами, необхідно забезпечити їх комплексне використання для розрахунку ТЗПГ. Для вирішення цієї задачі необхідно розв'язати задачу нелінійної апроксимації ТЗПГ як функції кількох параметрів, у нашому випадку, найбільш доцільно застосовувати штучні нейронні мережі (ШНМ).

Для тренування ШНМ було обрано алгоритм Левенберга-Марквардта, оскільки його застосування рекомендують для випадків, коли мережа та кількість навчальних пар у множині є невеликими (менше тисячі). Вихідним параметром для ШНМ була теплота згоряння природного газу, а на вхід ШНМ було подано комплекс обраних інформативних параметрів (швидкість поширення звуку в газі, вміст азоту та діоксиду вуглецю).

Значення теплоти згоряння природного газу, яку отримано в результаті моделювання роботи штучної нейронної мережі, відповідає фактичним значенням теплоти згоряння газу, які отримані за хроматографічним методом. Приведена до діапазону похибка визначення теплоти згоряння за допомогою довідкових даних склала 0,11 %. Таким чином було теоретично досліджено запропонований метод контролю ТЗПГ.

В ході теоретичних досліджень було показано, що збільшення вмісту азоту та діоксиду вуглецю в природному газі негативно впливає на його теплоту згоряння, а отже доцільно внести зміни в діючі нормативні документи, обмеживши вміст цих складових.

З метою перевіряння можливості реалізації запропонованого методу було проведено дослідження на реальних значеннях параметрів природного газу зі сертифікатів якості на природний газ, які визначено на одному з підприємств Івано-Франківської області. Всього було одержано 8 сертифікатів якості, значення параметрів у яких визначено за хроматографічним способом. Швидкість поширення ультразвуку в природному газі обчислено за ГОСТ 30319.1-96 та ГОСТ 30319.2-96.

Підтвердження спроможності реалізації нового методу проведено за допомогою ШНМ. В цьому випадку значення фактичної теплоти згоряння природного газу збіглися зі значенням, отриманими за допомогою ШНМ. Коефіцієнт кореляції між фактичним значеннями теплоти згоряння та отриманими за допомогою мережі склав 0,9916, а зведена до діапазону похибка дорівнювала 1,5 %.

Також було проведено аналіз існуючих засобів вимірювальної техніки та обладнання для вимірювання швидкості поширення ультразвуку, вмісту діоксиду вуглецю та вмісту азоту. З вибором апаратури для визначення вмісту азоту виникли труднощі, оскільки він є інертним газом і характеризується досить низькою хімічною активністю. Тобто, методів вимірюванням вмісту азоту в середовищі природного газу, які б можна було реалізувати у виробничих умовах, не вдалось знайти.

В зв'язку з цим, необхідно було дослідити можливість проведення визначення теплоти згоряння природного газу за умови вилучення з переліку інформативних параметрів вмісту азоту в газі. При цьому, основним критерієм дослідження повинно стати досягнення мінімального значення похибки визначення теплоти згоряння природного газу.

Ідея зменшення кількості інформативних параметрів контролю полягає у наступному:

1) ТЗПГ відповідно до запропонованого методу визначається швидкістю звуку в газі, вмістом діоксиду вуглецю та азоту;

2) вміст азоту приблизно дорівнює різниці ста відсотків складу та вмісту вуглеводневих компонентів і діоксиду вуглецю; відповідно до таблиці 1 та рисунку 1, швидкість поширення звуку визначається вмістом вуглеводневих компонентів;

3) з урахуванням пп.2 та 3, вміст азоту опосередковано залежить від швидкості поширення звуку та вмісту діоксиду вуглецю в газі, а отже його вимірювання не є необхідним.

Дослідження в цьому напрямі проведено зі застосуванням різних варіантів штучних нейронних мереж, натренованих на значеннях параметрів згаданої вище бази даних зразків природного газу. Різниця між мережами полягала в різній кількості шарів та нейронів у них. У попередніх випадках було використано ШНМ з одним прихованим шаром, а кількість нейронів у ньому складала 12. Для перевіряння методу визначення теплоти згоряння без вмісту азоту було використано ШНМ з двома прихованими шарами, кількість нейронів у яких складала 16 і 4

відповідно. Зведена до діапазону похибка склала 3,7 %. Аналогічно за допомогою цієї ШНМ були перевірені на реальних значеннях параметрів газу (зі сертифікатів якості на природний газ, які отримано на одному з підприємств Івано-Франківської області). Приведена до діапазону похибка в цьому випадку склала 4,4 %. Результати визначення теплоти згоряння наведено в таблиці 2.

Результати проведеного дослідження щодо можливості визначення теплоти згоряння природного газу без врахування вмісту азоту дали підстави стверджувати, що значення теплоти згоряння можна отримати шляхом вимірювання швидкості поширення ультразвуку в газі та вмісту діоксиду вуглецю без суттєвого падіння точності порівняно з раніше запропонованим методом.

Таблиця 2 – Результати визначення теплоти згоряння газу

Сертифікат	1	2	3	4	5	6	7	8
Теплота згоряння газу з сертифікатів якості, МДж/м ³	35,70	36,91	39,25	36,62	36,87	37,24	37,24	37,20
Теплота згоряння, отримана за допомогою ШНМ (з урахуванням N ₂), МДж/м ³	35,91	36,84	39,26	36,40	36,77	37,30	37,28	37,26
Теплота згоряння, отримана за допомогою ШНМ (без врахування N ₂), МДж/м ³	37,28	36,84	39,38	37,17	36,85	37,27	37,25	37,24

Також було проведено теоретичні дослідження щодо встановлення оптимальних параметрів блоку вимірювання швидкості поширення звуку в природному газі, зокрема розраховано, що відстань від перетворювача до відбивача повинна становити 0,115 м, а радіус кривизни відбивача повинен складати 0,435 м.

Третій розділ присвячений розробленню методики експериментальних досліджень та результатам експериментальних досліджень щодо: встановлення характеру залежності вибраних інформативних параметрів від теплоти згоряння природного газу; порівняльних випробувань стандартного та пропонованого методів визначення теплоти згоряння газу; метрологічної оцінки пропонованого методу визначення теплоти згоряння природного газу.

Суть експериментальних досліджень полягала в тому, що одночасно з газової мережі відбиралося дві однакові проби природного газу. В подальшому одна з проб аналізувалася за допомогою спеціально розробленої експериментальної установки для визначення теплоти згоряння пропонованим методом. Інша проба газу поміщалося у серійний хроматограф типу ЛХМ (зав.№ 3875) для стандартного вимірювання компонентного складу та розрахунку теплоти згоряння природного

газу. Після проведення наведених вище досліджень їх результати порівнювалися. Для зменшення впливу температури навколишнього середовища на результати вимірювань дослідження проводилися практично одночасно в одному приміщенні. Для вимірювання вмісту діоксиду вуглецю запропоновано використовувати інфрачервоні термокомпенсовані сенсори діоксиду вуглецю фірми *Dynamet* (Великобританія), похибка яких складає $\pm 2\%$ в межах діапазону вимірювань від 0 до 5 % вмісту діоксиду вуглецю. З огляду на відсутність залежності швидкості поширення звуку в газі від його частоти, а також з метою забезпечення достовірних результатів вимірювань, для визначення швидкості поширення звуку в природному газі було вирішено використати серійний ультразвуковий дефектоскоп типу DIO-562 сумісно із п'єзоелектричним перетворювачем з робочою частотою 1 МГц.

Експериментальна установка складалася з таких основних вузлів (рис. 2): вимірювальна камера 1, термогігрометр 2 типу OVT-7302 (сер. № 08082341, Ovtch), манометр 3 МТ-2Н (ТУ У 33.2-33884768.001-2006), блоку вимірювання швидкості поширення звуку в газі 4, до складу якого входив дефектоскоп 5 типу DIO-562 (зав. № 138), блоку підготовки проби 6, блоку вимірювання вмісту діоксиду вуглецю в газі 7, який укомплектований сигналізатором-аналізатором газу „ДОЗОР-С” (зав. № 3002, НПП „Оріон” м.Харків) та інфрачервоним вимірювальним перетворювачем ІІІ-СО2 на базі сенсора фірми *Dynamet* (зав. № 1/3002, НПП „Оріон” м.Харків) та термометра 8 FLUKE 971 (зав. № 10140, Тайвань).

Технологія проведення визначення теплоти згоряння природного газу на експериментальній установці наступна. Проба газу надходить у вимірювальну камеру 1, в якій визначається температура та вологість газу термогігрометром 2. За допомогою манометра 3 визначається тиск газу.

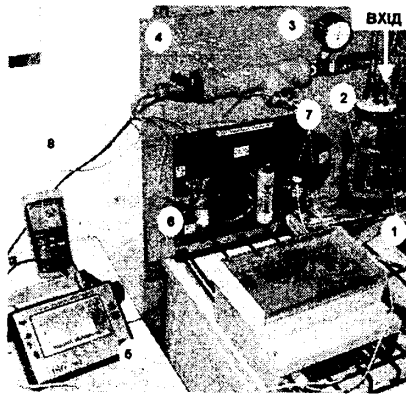


Рис.2. Експериментальна установки для визначення теплоти згоряння природного газу

Особливий інтерес становить спеціально спроектований та виготовлений блок визначення швидкості поширення звуку в газі 4. Блок є герметичною конструкцією з ПВХ циліндричної форми, в яку подається природний газ. В

блоці встановлений ультразвуковий первинний перетворювач власного виготовлення з частотою до 1 МГц, який працює в суміщеному режимі як випромінювач-приймач. До складу блоку входить ультразвуковий дефектоскоп 5. На основі проведеної побудови графіка залежності амплітуди акустичного поля перетворювача в дальній зоні, обчисленого кута розходження акустичних променів з ефективного акустичного центру визначено відстані від перетворювача до відбивача та його геометричні розміри.

Для вимірювання вмісту діоксиду вуглецю в природному газі пробу газу необхідно додатково очистити від механічних домішок та осушити за допомогою блоку підготовки проби. Вміст діоксиду вуглецю визначається в блоці визначення вмісту діоксиду вуглецю 7. Блок складається з інфрачервоного вимірювального перетворювача та сигналізатора-аналізатора газу. Також до складу експериментальної установки входить термометр 8, за допомогою якого вимірюють температуру навколишнього середовища.

Для експериментального дослідження нового методу визначення теплоти згорання відібрано 20 зразків природного газу. За допомогою експериментальної установки визначено інформативні параметри: швидкість поширення ультразвуку в газі та вміст діоксиду вуглецю. Теплоту згорання природного газу було визначено за допомогою хроматографа типу ЛХМ на базі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

З метою розрахунку значень теплоти згорання природного газу за результатами проведених експериментальних досліджень було використано штучну нейронну мережу зворотного поширення з одним прихованим шаром. Для тренування мережі за алгоритмом Левенберга-Марквардта обрано 16 наборів інформативних параметрів з 20, а для тестування – 4, які не використовувались для тренування. На вхід ШНМ було подано швидкість поширення звуку в газі та вміст діоксиду вуглецю, а на вихід – теплоту згорання природного газу. Результати тестування ШНМ подані в таблиці 3.

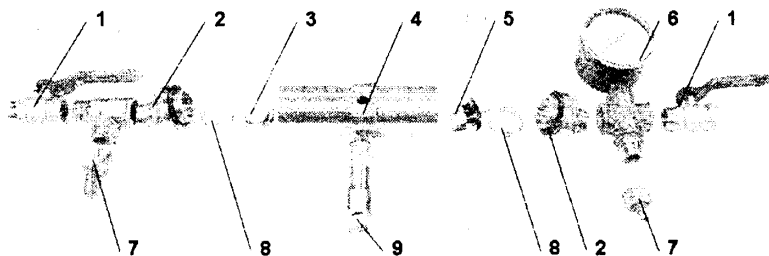
Таблиця 3 – Результати визначення теплоти згорання природного газу за розробленим методом

№ зразка	Теплота згорання, отримана за допомогою ШНМ, МДж/м ³	Теплота згорання, отримана за допомогою хроматографа, МДж/м ³
1	36,85	36,88
2	37,40	37,46
3	37,45	37,92
4	37,31	37,44

Як видно з таблиці 3, значення теплоти згорання, які визначено газовим хроматографом, відповідають значенням, отриманим за допомогою штучної нейронної мережі розробленого методу. Абсолютна похибка склала 0,166 МДж/м³, а зведена до діапазону 4,66 %.

Експериментальне дослідження нового методу визначення теплоти згорання природного газу підтвердили його адекватність та можливість технічної

реалізації. Проте, експериментальна установка вимагала удосконалення, оскільки необхідно було врахувати вплив вологості та температури проби газу. З цією метою було доопрацьовано блок визначення швидкості поширення звуку в газу шляхом введення сенсорів вологості і температури безпосередньо в циліндричну вимірювальну камеру блоку. Камеру з ПВХ замінено на камеру з нержавіючої сталі меншого об'єму, що дозволило суттєво скоротити час одного вимірювання до 2-3 хвилин. На рисунку 3 наведено зображення блоку вимірювання швидкості поширення звуку в газі у розібраному вигляді.



- 1 – кран; 2 – фітінг; 3 – відбивач; 4 – вимірювальна камера;
 5 – п'єзоелектричний ультразвуковий перетворювач; 6 – манометр; 7 – роз'єм;
 8 – фіксуюча шайба; 9 – сенсор температури та вологості

Рис.3. Блок визначення швидкості поширення звуку в газі

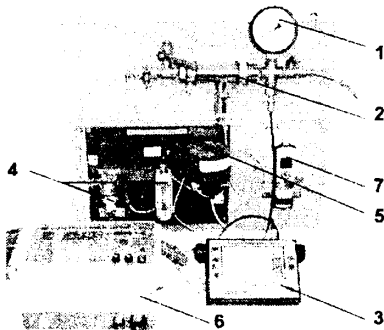
Також було удосконалено відбивач – попередній замінений на відбивач вгнутої форми з нержавіючої сталі діаметром 22 мм та шорсткістю поверхні $Rz=20$, який встановлений на розрахованій з умови отримання максимального значення енергії відбитого сигналу та чітко зафіксованій відстані 57.7 мм, яка визначена на основі розрахунку акустичного поля перетворювача, що дозволило фокусувати акустичний сигнал від первинного перетворювача та підвищити значення енергії прийнятих акустичних коливань.

Четвертий розділ присвячений удосконаленню експериментальної установки контролю ТЗПГ, її промисловій апробації та розробленню проекту СОУ „Газ природний горючий. Експрес-контроль теплоти згоряння. Методика”, який було розроблено для забезпечення практичного використання результатів досліджень. Цей нормативний документ узгоджений з міжнародним стандартом ISO 15112 (п.6.3.1), яким передбачено використання для визначення ТЗПГ поряд із використанням традиційних методик (прямі вимірювання – за допомогою калориметричної апаратури, непрямі вимірювання – за допомогою газохроматографічної апаратури) застосування методик, які віднесені до категорії кореляційних. В проекті нормативного документу передбачено також можливість використання результатів вимірювання витрати природного газу сумісно із результатами визначення теплоти його згоряння з метою визначення енергії потоку відповідно до ISO 15112.

Наступним етапом перевіряння можливості промислового використання пропонованого методу була його промислова апробація в умовах ВАТ „Івано-

Франківськгаз” з використанням удосконаленої експериментальної установки для визначення теплоти згоряння природного газу (рис. 4). В ході апробації відібрано 20 проб (рис. 5) з газорозподільних станцій та пунктів Івано-Франківська та області (ГРС Городенка, ГРС Коломия, ГРС Брошнів, ГРС Утринів – всього 16 об’єктів).

Технологія промислової апробації експериментальної установки визначення ТЗПГ наступна. Одночасно відбиралося по дві проби газу. Одна проба природного газу аналізувалася за допомогою хроматографа Кристалл-2000М (зав.№ 721753). Визначався компонентний склад газу та ТЗПГ. За допомогою експериментальної установки (рис. 4) проводили визначення теплоти згоряння газу на другій відібраній пробі. Результати визначень зрівнювалися.



- 1 – манометр; 2 – блок визначення швидкості поширення звуку в газі;
3 – дефектоскоп;
4 – блок підготовки проби;
5 – блок визначення вмісту діоксиду вуглецю в газі;
6 – аналізатор-сигналізатор газу;
7 – вимірювач температури та вологості газу

Рис.4. Удосконалена експериментальна установка визначення теплоти згоряння природного газу

Для забезпечення достовірності проведення вимірювань температура проб газу була постійною - в межах $(18 \pm 1)^\circ\text{C}$. Також було застabilізовано тиск природного газу за вимірювань параметрів поширення звуку та вмісту діоксиду вуглецю в газі, значення якого складало $(2,2 \pm 0,2)$ кПа. З метою визначення впливу вологості на зміну показів швидкості поширення звуку було проаналізовано зміну останнього параметра від значення відносної вологості в межах до 5 %. Суттєвого впливу вологості на значення швидкості поширення звуку в газі не виявлено.



Рис.5 . Відбір проб природного газу в умовах ВАТ „Івано-Франківськгаз”

Відповідно до розробленої методики експериментальних досліджень на експериментальній установці було здійснено вимірювання концентрації вмісту діоксиду вуглецю у природному газу та швидкості поширення ультразвуку в ньому. В таблиці 4 наведено результати визначення основних параметрів природного газу, які необхідні у подальших дослідженнях. Під час дослідження визначалася нижча теплота згоряння газу, оскільки у міждержавному стандарті ГОСТ 5542 регламентовано вимоги саме до цього показника.

На рисунку 6 наведено залежність виміряних за допомогою експериментальної установки значень діоксиду вуглецю від дійсних значень діоксиду вуглецю (виміряних хроматографом „Кристалл-2000М”). Ця залежність є лінійною і коефіцієнт кореляції між виміряними значеннями діоксиду вуглецю та дійсними дорівнює 0,998. Апроксимуюча залежність на рис.6 описується рівнянням:

$$y=1,226*x-0,07838 \quad (2)$$

де y – виміряні за допомогою установки значення діоксиду вуглецю;
 x – дійсні значення діоксиду вуглецю.

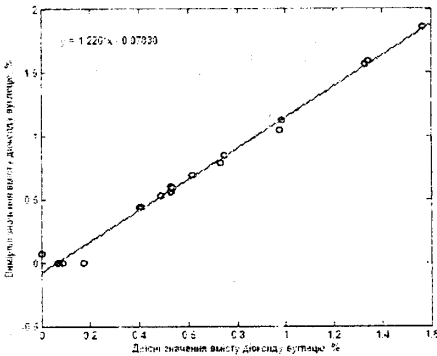


Рис.6. Залежність виміряних значень діоксиду вуглецю від дійсних значень

Правильність визначення швидкості поширення звуку в газі за допомогою експериментальної установки перевірено програмою *FLOWSOLV™ - AGA10 Gas Speed of Sound Calculation Input*, яка дозволяє розраховувати швидкість поширення звуку в газі на основі отриманих хроматографічних даних про природний газ і реалізує методику, сквалену Американською газовою асоціацією. Результати перевіряння правильності визначення швидкості поширення звуку в газі показано на рис. 7.

Апроксимуюча залежність на рис.6 описується рівнянням:

$$y=0,817*x+80 \quad (3)$$

де y – значення виміряної швидкості поширення звуку в газі;
 x – значення швидкості поширення звуку в газі, розраховані за AGA 10.

Як видно з рисунку 7 значення виміряної швидкості поширення звуку в природному газі відповідають значенням, що розраховані за допомогою програми

FLWSOLV™ - AGA10 Gas Speed of Sound Calculation Input. Коефіцієнт кореляції між цими значеннями дорівнює 0,98.

Результати експериментальних досліджень дозволили встановити наявність та характер залежності між теплоото згоряння природного газу та швидкістю поширення звуку (рис. 8), який повністю повторює форму залежності (рис.1), отриманої в ході теоретичного дослідження розробленого методу. Ця функція описується залежністю (4):

$$H_H = \frac{600}{1 + e^{\frac{\sum_{i=1}^n (LW\{2, I\}) \left(\frac{2}{\sum_{j=1}^m (LW\{1, J\} \cdot \sin(\frac{b\{I\}}{2})) \right) + 0,50022}}}} + 415, \quad (4)$$

де H_H – нижча теплота згоряння природного газу, u – швидкість звуку в природному газі; CO_2 – вміст діоксиду вуглецю; $LW\{1, I\}$ – масив чисел розмірністю 12×2 ; $b\{I\}$ – масив чисел розмірністю 12×1 ; $LW\{2, I\}$ – масив чисел розмірністю 1×10 .

Залежність з рис. 8 є нелінійною обернено пропорційною, коефіцієнт кореляції дорівнює -0,82. Теоретично розраховане значення цього коефіцієнта дорівнює -0,63, що вказує на відповідність експериментальних результатів теоретичним.

Таблиця 4 – Результати дослідження проб природного газу

Ч.ч.	Теплота згоряння газу нижча, визначена за допомогою хроматографа, МДж/м ³	Вміст діоксиду вуглецю, визначений за допомогою хроматографа, %	Вміст діоксиду вуглецю, визначений за допомогою експериментальної установки, %	Швидкість поширення звуку в газі, м/с
1	34,95	0,748	0,85	420,8269
2	33,70	0,072	0	437,2918
3	34,29	0,732	0,79	425,7564
4	33,91	0,532	0,6	427,3900
5	34,76	0,616	0,69	423,7630
6	33,98	1,345	1,59	424,6738
7	33,92	0,53	0,56	430,7159
8	33,92	0,538	0,59	430,2920
9	33,99	1,565	1,86	424,7973
10	33,67	0,071	0	437,1080
11	33,95	1,332	1,57	425,5931
12	34,98	0,173	0	424,9928
13	35,50	0,409	0,44	419,6791
14	33,98	0,985	1,13	428,0924
15	33,89	0,404	0,43	431,3390
16	33,43	0,089	0	436,9938
17	33,68	0,07	0	437,3565
18	34,65	0,526	0,56	424,2429
19	34,54	0,489	0,53	424,8192
20	33,99	0,976	1,05	427,5515

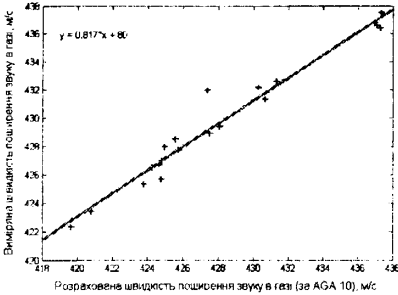


Рис.7. Залежність виміряної швидкості поширення звуку в газі від розрахованої за AGA 10

З метою визначення ТЗПГ проби газу розділено на дві частини (17 проб та 3 проби). На результатах дослідження 17 зразків газу було виконано налаштування програмного забезпечення, яке забезпечує визначення теплоти згоряння газу. На результатах решти 3 зразків газу було здійснено тестування розробленого методу визначення теплоти згоряння.

Результати розрахунків теплоти згоряння відповідно до розробленого методу у порівнянні із результатами, отриманими за хроматографічним аналізом, наведені у таблиці 5.

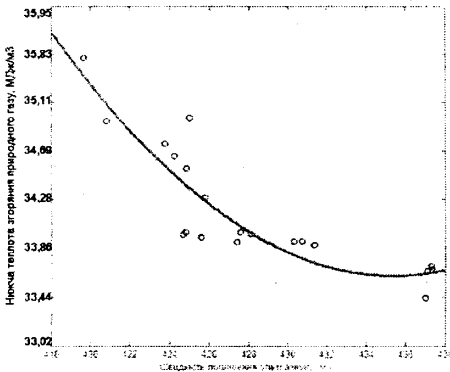


Рис.8. Залежність нижчої ТЗПГ від швидкості поширення звуку в газі

Приведена до діапазону похибка визначення нижчої теплоти згоряння природного газу складас 1,6% (абсолютна похибка дорівнює 0,033 МДж/м³).

Перевагою пропонованого методу є швидкість проведення визначення ТЗПГ. Час проведення аналізу однієї проби природного газу на сучасному хроматографі складає близько 20 хвилин, а за допомогою експериментальної установки – до 5 хвилин, що є суттєвою перевагою. Конструктивно установка може бути виконана у вигляді переносної системи з живленням від акумуляторної батареї, що забезпечить можливість її експлуатації у виробничих умовах.

Таблиця 5 – Результати промислової апробації в умовах ВАТ „Івано-Франківськгаз”

Номер проби (за протоколом)	Нижча теплота згоряння (за протоколом), МДж/м ³	Вміст діоксиду вуглецю (за протоколом), %	Нижча теплота згоряння (покази експ. установки), МДж/м ³	Вміст діоксиду вуглецю (покази експ. установки), %	Швидкість поширення ультразвуку (покази експ. установки), м/с
1 (II)	34,29	0,732	34,31	0,79	425,76
2 (I)	33,98	0,985	33,92	1,13	428,09
3 (I6)	34,54	0,489	34,52	0,53	424,82

ВИСНОВКИ

У результаті проведених теоретичних, експериментальних та промислових досліджень вирішена важлива науково-прикладна задача – розроблено новий метод контролю теплоти згоряння природного газу, здійснено його експериментальне перевіряння та промислову апробацію та одержано такі основні результати:

1. На основі проведеного аналізу відомих методів і засобів визначення основного показника якості природного газу – його теплоти згоряння – показано, що вони потребують значні часові та вартісні затрати на проведення дослідження, не дозволяють здійснювати моніторинг теплоти згоряння (в режимі реального часу) безпосередньо у споживача. Обґрунтовано необхідність розроблення нового методу контролю якості природного газу з використанням нових інформативних параметрів.

2. Розроблено новий метод визначення теплоти згоряння природного газу, який полягає у комплексному врахуванні таких параметрів, як швидкість поширення ультразвуку в газі, вміст діоксиду вуглецю та азоту за допомогою штучних нейронних мереж, що дало змогу підвищити оперативність проведення контролю, зменшити фінансові затрати на визначення теплоти згоряння, а також проводити її визначення в режимі реального часу в польових умовах.

3. Проведено теоретичні дослідження нового методу на довідкових та реальних даних дозволили встановити наявність нелінійного взаємозв'язку між інформативними параметрами контролю та теплоото згоряння. Теоретичні дослідження розробленого методу показали, що приведена до діапазону похибка склала 2,4 %, а при перевірянні на реальних даних – 1,5 %.

4. На етапі розроблення методики експериментальних досліджень шляхом удосконалення методології зменшення кількості інформативних параметрів контролю встановлено можливість вилучення вмісту азоту з комплексу інформативних. В такому разі, приведена до діапазону похибка на довідкових даних дорівнювала 3,7 %, а на реальних даних 4,4 %.

5. Розроблено та виготовлено експериментальний зразок установки для визначення теплоти згоряння природного газу. Проведено його промислову

апробацію в умовах ВАТ „Івано-Франківськгаз” та ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”. Розроблено проект методики визначення якості природного газу за допомогою розробленої експериментальної установки, який узгоджується із вимогами стандарту ДСТУ ISO 15112. Результати промислової апробації показали, що приведена до діапазону похибка визначення теплоти згоряння природного газу в умовах ВАТ „Івано-Франківськгаз” склала 1,6%, а експериментальний зразок дозволяють здійснювати контроль цього показника якості природного газу в експрес-режимі в умовах, наближених до польових, а орієнтовний час одного вимірювання складає 5 хвилин.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Карпаш О.М. Проблемні питання оцінки якості природного газу в Україні / О.М. Карпаш, І.Я. Дарвай // Нафтогазова енергетика. – 2007. - № 2(3) – С.46-52.
2. Карпаш О.М. Нові інформативні параметри для визначення теплоти згоряння природного газу / О.М. Карпаш, І.Я. Дарвай, М.О. Карпаш // Нафтова і газова промисловість. – 2008. - № 4. – С.57-60.
3. O. Karpash. New approach to natural gas quality determination (Новий підхід до визначення якості природного газу) / O. Karpash, I. Darvay, M. Karpash // Journal of petroleum science and engineering. - 2010. - Vol.71, Issue 3-4, p.133-137.
4. Карпаш О.М. Обґрунтування зменшення кількості інформативних параметрів для визначення теплоти згоряння природного газу / О.М. Карпаш, І.Я. Дарвай // Нафтогазова енергетика. – 2010. – № 1(12). – С.85-89.
5. Дарвай І.Я. Експериментальне дослідження нового методу визначення теплоти згоряння природного газу / І.Я. Дарвай, О.М. Карпаш // Методи та прилади контролю якості. – 2010. - № 24. – С.17-20.
6. Дарвай І.Я. Дослідження нового методу визначення теплоти згоряння природного газу / І.Я. Дарвай // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. - № 1(34). – С.26-29.
7. Дарвай І.Я., Карпаш О.М. Опыт промышленной апробации экспериментальной установки для определения теплоты сгорания природного газа // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело", 2010. http://www.ogbus.ru/authors/Darvay/Darvay_1.pdf
8. Дарвай І.Я. Проблемні питання визначення якості природного газу в Україні // Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. – Івано-Франківськ, 16-20 вересня 2008 р., С.53.
9. Карпаш О.М., Дарвай І.Я. Теоретичне підґрунтя методу експрес-контролю теплоти згоряння природного газу // Неруйнівний контроль та технічна діагностика: матеріали 6-тої Національної науково-технічної конференції і виставки. – Київ, 9-12 червня 2009 р., С.306.
10. Дарвай І.Я. Теоретичне обґрунтування методу визначення теплоти згоряння природного газу // Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи:

матеріали Міжнародної науково-технічної конференції та виставки. – Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009 р., С.105.

11. Дарвай І.Я., Карпаш О.М. Оптимізація кількості інформативних параметрів для визначення теплоти згоряння природного газу // *Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: матеріали 2-гої науково-практичної конференції студентів і молодих учених.* – Івано-Франківськ, 25-26 листопада 2009 р., С.34.

12. Карпаш О.М., Дарвай І.Я., Яворський А.В., Рибіцький І.В., Карпаш М.О. Апробація нового методу визначення теплоти згоряння природного газу // *Електромагнітні та акустичні методи неруйнівного контролю матеріалів та виробів: матеріали XV міжнародної науково-технічної конференції „ЛЕОТЕСТ-2010”.* – м.Славське, 15-20 лютого 2010 р., С.108.

13. Пат.48121 Україна, МПК (2009), G01N25/20. Пристрій для експрес-визначення теплоти згоряння природного газу / Карпаш О.М., Дарвай І.Я.; заявник та патентовласник Івано-Франківський нац. техн. унів. нафти і газу. - №U200908918; заявл.27.08.09; опубл. 10.03.10, Бюл. №5. - 3 стор.: іл.

АНОТАЦІЯ

Дарвай І.Я. Експрес метод контролю якості природного газу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – Прилади і методи контролю та визначення складу речовин. – Національний університет „Львівська політехніка”, м. Львів, 2010.

Дисертація присвячена питанню удосконалення методу контролю якості природного газу.

Запропоновано новий підхід до визначення теплоти згоряння природного газу, що передбачає врахування кількох інформативних параметрів, які вибрано шляхом комп'ютерного моделювання за допомогою штучних нейронних мереж. Розроблено новий метод визначення теплоти згоряння і запропоновано шляхи його технічної реалізації у вигляді експериментальної установки.

Розроблено методику та проведено комплекс експериментальних досліджень. Розроблено структурні та функціональні схеми експериментальної установки для визначення ТЗПГ, а також розроблено алгоритм її роботи.

Проведено промислову апробацію експериментальної установки на базі ВАТ „Івано-Франківськгаз” та ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”.

Виконано метрологічну оцінку результатів вимірювань експериментальної установки.

Ключові слова: природний газ, теплота згоряння, вміст діоксиду вуглецю, швидкість поширення звуку в газі, комплексний підхід, штучні нейронні мережі.

АННОТАЦИЯ

Дарвай И.Я. Экспресс метод контроля качества природного газа. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля и определение состава веществ. – Национальный университет „Львовская политехника”, г.Львов, 2010.

Диссертация посвящена вопросу усовершенствования метода контроля качественных показателей природного газа.

В первом разделе проведен анализ показателей качества природного газа в соответствии с требованиями действующих нормативных документов в Украине и за рубежом. Установлено, что основным показателем назначения является теплота сгорания. Анализ известных методов и средств контроля показал, что существуют три метода контроля теплоты сгорания газа, реализация которых возможна только в лабораторных условиях, а подготовка и цена проведения исследований связана с большими финансовыми и временными затратами.

Второй раздел посвящен теоретическому исследованию новых подходов и методов определения теплоты сгорания природного газа. На первом этапе исследований проведен корреляционный анализ основных физико-химических параметров природного газа, которые регламентированы нормативными документами, с целью установления их взаимосвязей с теплотой сгорания природного газа.

Результаты корреляционного анализа показали, что теплота сгорания газа является нелинейной функцией комплекса таких параметров, как скорость распространения скорости звука, содержание азота и диоксида углерода.

Возможность реализации предложенного метода было исследовано на справочных данных показателей качества 95 образцов газа, которая была сформирована Южно-западным исследовательским институтом (США), и на реальных данных из 8 сертификатов качества на природный газ (получены на одном из предприятий Ивано-Франковской области). Скорость распространения звука в газе рассчитано по ГОСТ 30319.1-96 та ГОСТ 30319.2-96.

Также исследовано возможность определения теплоты сгорания природного газа при условии удаления из перечня информативных параметров содержания азота в газе, поскольку на этапе разработки методики экспериментальных исследований не удалось найти средств определения азота в газе, которые можно было реализовать в полевых условиях. Результаты проведенного исследования показали, что значение теплоты сгорания газа можно получить путем измерения скорости распространения звука в газе и содержания диоксида углерода без существенного падения точности сравнительно к ранее предложенному методу.

В третьем разделе изложены методика и результаты экспериментальных исследований по установлению зависимости выбранных информативных параметров от теплоты сгорания природного газа, сравнительных исследований известного и предложенного методов определения теплоты сгорания газа.

Для проведения экспериментальных исследований одновременно из газовой сети отбиралось две одинаковые пробы природного газа. Далее одна из проб анализировалась с помощью специально разработанной экспериментальной установки для определения теплоты сгорания

предложенным методом. Другая проба анализировалась с помощью серийного хроматографа. После проведения приведенных выше исследований сравнивались результаты определения теплоты сгорания природного газа.

Экспериментальное исследование нового метода подтвердили его адекватность и возможность технической реализации.

Четвертый раздел посвящен промышленной апробации разработанной экспериментальной установки контроля теплоты сгорания природного газа и разработке проекта СОУ „Газ природный горючий. Экспресс-контроль теплоты сгорания. Методика”, который был разработан для обеспечения практического использования результатов исследований. Данный нормативный документ согласован с международным стандартом ISO 15112.

Промышленная апробация экспериментальной установки контроля теплоты сгорания природного газа успешно проведена на базе ОАО „Ивано-Франкивськгаз” и ГП „Ивано-Франкивськстандартметрологія”. Приведенная к диапазону погрешность определения теплоты сгорания природного газа равна 1,6 %.

Ключевые слова: природный газ, теплота сгорания, содержание диоксида углерода, скорость распространения звука в газе, комплексный подход, искусственные нейронные сети.

ABSTRACTS

Darvay I.Y. Express method for natural gas quality control. – Manuscript.

Dissertation on competition of scientific degree of the candidate of engineering sciences at speciality 05.11.13 – Instruments and methods of control and composition of material determination. - National University “Lviv Polytechnic”, Lviv, 2010.

Dissertation is devoted to the problem of improvement of testing method of natural gas heating value.

New approach for determination of natural gas heating value is proposed. This method lays in complex accounting of several parameters, which are chose by computer modeling of artificial neural networks algorithms. New method for determination of heating value is developed and are proposed ways of it technical realization which embodiment of experimental assembly.

For proving of new method heating value determination is developed measurement procedure and complex of experimental testing are operated. Block scheme and function diagram of experimental assembly for measurement natural gas heating value are developed.

Industrial approbation of experimental assembly are done on the basis of PC „Ivano-Frankivskgas” and SE „Ivano-Frankivskstandardmetrologiya”.

Key words: natural gas, heating value, carbon dioxide content, sound speed in gas, comprehensive approach, artificial neural networks.