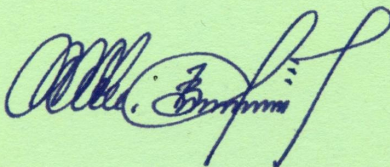


622.691.4.054(043)

B-53

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

**ВИСОЧАНСЬКИЙ Ігор Іванович**



УДК 622.691.2

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ГАЗОВИХ  
МЕРЕЖ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРИРОДНОГО ГАЗУ**

Спеціальність 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

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

Івано-Франківськ - 2019

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, професор кафедри „Енергетичного менеджменту і технічної діагностики”

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент **Говдяк Роман Михайлович**, генеральний директор інжинірингової компанії «Машекспорт» (м.Київ).

кандидат технічних наук **Якимів Микола Мирославович**, заступник директора з комерційної діяльності та стратегічного розвитку ТЗОВ «ГЕОГАЗЦЕНТР» (м.Київ).

Захист відбудеться 21 лютого 2019 р. о 11<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м.Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15.

Автореферат розісланий «18» січня 2019 р.



Вчений секретар спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04, кандидат технічних наук, доцент

Л. Д. Пилипів



**Актуальність теми.** Участь України в Енергетичному співтоваристві поставила необхідність пришвидшити проведення реформ в енергетичному секторі, в першу чергу для забезпечення виконання вимог Третього Енергопакету ЄС. Важливим кроком у цьому напрямку було прийняття Парламентом у 2015 році Закону «Про ринок природного газу» та низки інших нормативних документів, зокрема ДСТУ ISO 15112:2009 «Природний газ. Визначення енергії», Постанови Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №2498 від 30.09.2015р. «Про затвердження типового договору розподілу природного газу» та ін., які зобов'язують суб'єктів газового ринку під час здійснення господарських операцій використовувати якісні (енергетичні) характеристики природного газу. Такі вимоги зумовлені тим, що фізико-хімічні показники природного газу мають серйозний вплив на ефективність роботи газових приладів, особливо тих, які використовуються для одержання тепла шляхом спалювання природного газу.

Така постановка питання вимагає від суб'єкта газового ринку, в першу чергу постачальників природного газу нових підходів до обслуговування, експлуатації та ремонту газових мереж середнього та низького тисків, вимірювання витрати і властивостей газу, визначення його енергетичних показників, а також перевірки достовірності і точності одержаних результатів вимірювання. Останнє особливо важливе для коректного розрахунку з споживачами природного газу.

Дослідженню методів та технологій удосконалення роботи газотранспортних мереж, вибору оптимальних режимів їх функціонування займалася велика група вітчизняних та зарубіжних вчених: Грудз В.Я., Середюк М.Д., Говдяк Р.М., Шлапак Л.С., Крижанівський Є.І., Петришин І.С., Банахевич Ю.В., Карпаш О.М., Павловський А.Н., Молдовер Т.І., Buckley T.J., Mottow T.B., Nored M.G., Donald J. та інші.

Проте, в літературі, особливо вітчизняній, є досить небагато досліджень, присвячених даній тематиці. Із зарубіжних джерел можна запозичити тільки загальні методичні підходи, так як організація роботи газових мереж низького та середнього тиску в технічному, технологічному, інформаційному та нормативному планах суттєво відрізняється від вітчизняної.

Тому проведення досліджень, пов'язаних з удосконаленням методів експлуатації, обслуговування та ремонту газових мереж низького та середнього тиску з врахуванням реальних енергетичних характеристик природного газу є актуальним завданням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційна робота має науково-прикладний характер і сприяє реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».

Представлені дослідження виконуються в рамках:

- Директиви Європейського парламенту та Ради 2009/73/ЄС від 13 липня 2009 року «Про спільні правила внутрішнього ринку природного газу та про скасування Директиви 2003/55/ЄС»;

- Постанови НКРЕКП №236 від 25.02.2016 «Про затвердження Методики визначення та розрахунку тарифу на послуги розподілу природного газу»;
- розроблення та впровадження експериментальної установки по контролю якості природного газу (номер державної реєстрації 0116U003388);
- розроблення і впровадження приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу (номер державної реєстрації 0115U002278);
- розроблення методології та моделювання переходу розрахунків за природний газ за його енергетичними параметрами (номер державної реєстрації 0117U007107);
- промислової апробації приладу для визначення теплоти згорання природного газу «GAS-Hi-Q».

Автор був безпосередньо виконавцем окремих розділів вказаних робіт, результати яких наведені в дисертації.

**Мета роботи** полягає в вирішенні актуального науково-прикладного завдання з вдосконалення методів експлуатації, обслуговування та ремонту газових мереж середнього та низького тисків шляхом врахування реальних енергетичних характеристик природного газу, що відповідає вимогам 3 Енергопакету ЄС.

Поставлена мета досягається через реалізацію наступних задач:

1. Аналіз викликів, що супроводжують експлуатацію газових мереж середнього та низького тисків на сучасному етапі та сучасного стану засобів та методів контролю енергетичних характеристик природного газу.
2. Проведення теоретичних досліджень з розробки нових та удосконаленню існуючих методів та технологій експлуатації, обслуговування та ремонту
3. Розроблення нового способу контролю теплоти згорання природного газу в потоковому режимі в мережах низького та середнього тиску і проведення експериментальних досліджень його характеристик.
4. Розроблення, виготовлення та промислова апробація дослідного взірця потокового вимірювача теплоти згорання природного газу та технології його застосування в реальних газових мережах.

*Об'єкт дослідження:* газові мережі середнього та низького тисків.

*Предмет дослідження:* методи удосконалення обслуговування, ремонту та експлуатації газових мереж середнього та низького тисків на основі принципу енергоефективності.

*Методи дослідження:* загально-логічні методи наукових досліджень, методи теоретичного пізнання та методи опрацювання результатів експериментальних вимірювань. До використаних загально-логічних методів відносяться аналіз, синтез, аналогія, індукція, дедукція. В якості методу теоретичного пізнання застосований гіпотетично-дедуктивний метод.

**Положення, що виносяться на захист.**

1. Наукові основи вимірювання питомої теплоти згорання природного газу в потоковому режимі, суть якого полягає у вимірюванні швидкості поширення ультразвукових коливань в газі на двох частотах з врахуванням фактичних параметрів природного газу (температура, тиск, вологість та інші);

2. Експериментально встановлена залежність між теплотворною здатністю природного газу, як суміші вуглеводневих інгредієнтів, та його фактичними характеристиками (вуглеводи, вміст двоокису вуглецю, азоту тощо).

**Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:**

- вперше розроблена стратегія обслуговування газопроводів низького та середнього тисків для забезпечення вимірювання питомої теплоти згорання природного газу, безпосередньо в потоковому режимі
- вперше встановлена та експериментально підтверджена залежність між питомою теплотою згорання та швидкістю ультразвукових коливань, зміною температури природного газу, що дозволяє зменшити (до 1.5%) похибку вимірювань та забезпечити можливість коректного розрахунку з споживачами;
- удосконалено технологію модернізації газових мереж шляхом протягування в них поліетиленових ділянок (вставок), що забезпечує підвищення якісних характеристик природного газу;
- знайшов подальший розвиток метод розрахунку, проектування та реконструкції газових мереж низького та середнього тисків з урахуванням енергетичних характеристик природного газу, що відповідає вимогам 3 Енергопакету ЄС.

**Практичне значення отриманих результатів.** В результаті виконаних досліджень було удосконалено методику розрахунку реконструкції діючих газових мереж шляхом протягування в них поліетиленових труб; запропоновано способи врахування енергетичних характеристик природного газу при проектуванні та модернізації газових мереж низького тиску; розроблено та проведено промислову апробацію дослідного взірця приладу для експрес-контролю якості газу в потоковому режимі в мережах низького та середнього тисків, що дасть можливість за короткий термін та без значних фінансових втрат визначати його фактичні енергетичні характеристики, а отже - можливість прив'язати до якості газу його ціну, вартість транспортування та зберігання. Застосування запропонованого приладу дозволить привести у відповідність до 3-го Енергетичного пакету Європейського Союзу систему комерційних розрахунків за спожитий природний газ і вивести її на новий для України рівень – споживачі платитимуть за спожиту енергію (практика розвинутих країн світу), а не за спожитий об'єм (існуючий стан проблеми). Більше того, надання споживачам можливості оплачувати за фактично використаний природний газ, виходячи з його калорійності, одночасно дасть їм можливість оцінити власне газоспоживання в порівнянні з користуванням електричною енергією і обрати найбільш прийнятний та економічно вигідний ресурс для забезпечення своїх потреб.

Розроблений дослідний взірець установки використовується в лабораторії ПАТ «Івано-Франківськгаз».

**Особистий внесок автора в одержанні наукових результатів.**

Основні наукові положення та результати, які становлять суть дисертації, отримані автором самостійно. Дисертантом виконано такі наукові дослідження:

- проведено аналіз та систематизовано виклики, які супроводжують експлуатацію газових мереж низького тиску на сучасному етапі;
- вдосконалено методику розрахунку реконструкції сталевих газових мереж протягуванням в них поліетиленових труб;

- запропонована та обґрунтована методика врахування енергетичних характеристик природного газу при проектуванні та реконструкції газових мереж низького тиску;
- розроблена методологія вимірювання теплоти згорання природного газу в потоковому режимі мереж низького та середнього тисків.

Автор був безпосередньо виконавцем окремих розділів вказаних робіт, результати яких наведені в дисертації.

### **Апробація роботи.**

Основні результати доповідалися та обговорювалися на ряді міжнародних і вітчизняних конференціях, зокрема:

- 7-й міжнародній науково-практичній конференції і виставці «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технології діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання» (Івано-Франківськ, 2014, 25-28 листопада);
- 4-й міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова енергетика 2015» (Івано-Франківськ, 2015, 21-24 квітня);
- 8-й національній науково-технічній конференції «Неруйнівний контроль та технічна діагностика UkrNTD-2016» (м.Київ, 2016, 22-24 листопада);
- 15-й міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан та перспективи» (м.Київ, 2016, 17-18 травня);
- 5-й міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова енергетика 2017» (м.Івано-Франківськ, 2017, 15-19 травня).

В повному обсязі результати досліджень доповідалися і обговорювалися на розширеному засіданні кафедри технічної діагностики та моніторингу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 16 наукових робіт, у тому числі 1 колективна монографія, 9 статей у наукових фахових виданнях, з яких 1 стаття в іноземному виданні, 5 тез доповідей, 1 патент України на корисну модель.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота викладена на 205 сторінках машинописного тексту, складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 135 сторінок друкованого тексту. Робота ілюстрована 9 таблицями та 39 рисунками. Список використаних джерел містить 129 найменувань, з них 98 кирилицею та 31 латиницею.

## **ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** дано загальну характеристику дисертаційної роботи. Розкрито суть та поточну ситуацію науково-технічної проблеми врахування питомої теплоти згорання природного газу при обслуговуванні, ремонті та проектуванні мереж низького та середнього тисків. 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 розкрито ідею сталого розвитку в розрізі газотранспортної галузі та наведено шляхи модернізації газотранспортного сектору для поетапного його слідування цій доктрині.

Як одного з вагомих чинників погіршення ефективності функціонування української газотранспортної системи виділено наявність вологи в транспортованому продукті. Проведено аналіз досліджень причин появи водяних включень в газопроводах та розглянуто негативні наслідки їх присутності. В якості ключового доказу надмірного негативного впливу вологи на газотранспортну галузь використано результати довгострокового обстеження і моніторингу технічного стану газорозподільних систем України.

В цілях визначення фактичних збитків від розвитку корозійних процесів в газорозподільних мережах та актуальності їх усунення проведено техніко-економічне порівняння проєктів по заміні технічно-непридатних ділянок газорозподільних мереж на прикладі газопроводів однієї з найбільш проблемних областей – газопроводи ПАТ «Івано-Франківськгаз». Керуючись результатами розрахунку зазначено, що як для газорозподільних мереж з вищим вмістом пошкоджених газопроводів, так і для мереж з більшою кількістю справних підземних трубопроводів, проєкти заміни технічно непридатних газопроводів в мережах низького та середнього тисків є актуальними та рентабельними. При цьому, запропоновано використати інноваційний підхід до заміни підземних сталевих газопроводів з використанням протягуванням по них поліетиленових труб.

В даному розділі також проведено аналіз національних нормативних документів в сфері вимірювання теплотворної здатності природного газу. Подано порівняння та розкрито особливості методів визначення питомої теплоти згорання природного газу і засобів, що на їх основі працюють. Сформульовано суть наукового завдання, що потребує вирішення та обрано напрямки подальших досліджень.

**Другий розділ** присвячений дослідженню залежності теплотворної здатності природного газу від його компонентного складу.

Проведено теоретичне дослідження впливу компонентного складу природного газу на його якісні характеристики. Визначено характер зміни якісних параметрів енергоресурсу зі зміною об'ємної частки вуглеводневих та неуглеводневих сполук. Проаналізовано методи та засоби вимірювання об'ємної теплоти згорання природного газу та дано характеристику трьом методам - *прямому, непрямому та кореляційному* з відповідним приладовим забезпеченням.

В розділі також приділяється увага дослідженню процесу горіння природного газу. Розкрито питання залежності питомої масової витрати кисню для повного згорання компонентів вуглеводневого природного газу і утвореної при цьому маси продуктів згорання. Проведено аналіз впливу вмісту вологи в об'ємі вуглеводнів на теплотворну здатність суміші. Згідно результатів дослідження, при підвищенні вологості газу на 10 %, його теплотворна здатність знижується в середньому на 4,7%.

Також, за результатами теоретичного дослідження характеру впливу азоту на теплотворну здатність газу виявлено, що при згоранні енергоресурсу частина енергії витрачається на нагрівання азоту. Така надлишкова витрата енергії веде до зменшення відносної нижчої теплоти згорання газу.

**Третій розділ** присвячений оцінці впливу теплотворної здатності природного газу на енергозабезпечення споживачів. Встановлено залежність між відносними енерговитратами на транспортування газу і питомою масовою теплотворною здатністю природного газу як енергоносія, а також побудовано залежності відносних втрат енергії на транспортування газу  $\Delta E$  від масової теплотворної здатності енергоносія  $Q^m$  та співвідношення розмірів трубопроводу  $\frac{L}{d}$ . На рисунку 1 наведено отримані залежності.

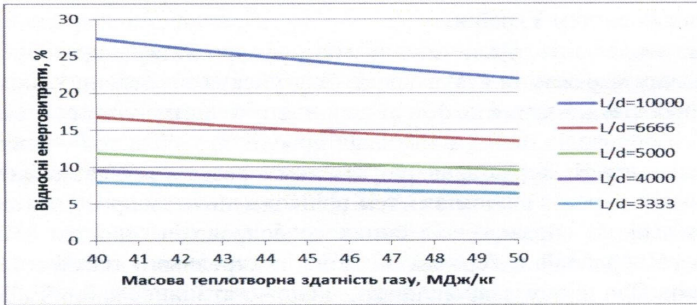


Рисунок 1 - Залежність відносних енерговитрат на транспортування газу від масової теплотворної здатності газу

Особливу увагу приділено аналізу методу реконструкції зношених підземних сталевих газопроводів із використанням їх як каркаса для протягування в них поліетиленових труб. Розглянуто найголовніші етапи такої реконструкції та варіанти технічних рішень для неї, що забезпечують незмінні умови експлуатації газотранспортної мережі споживачами енергоресурсу.

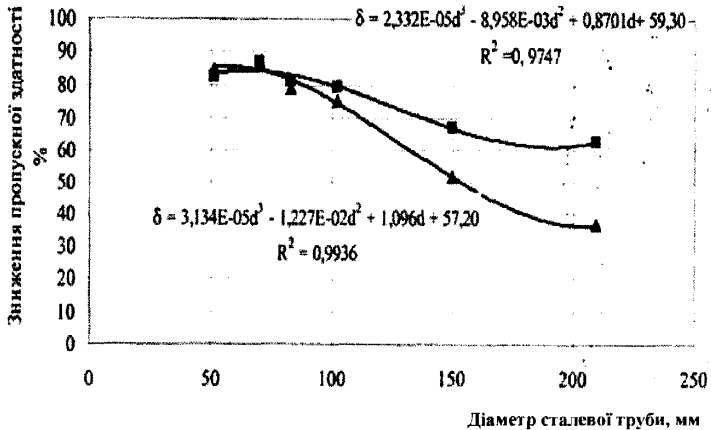
Проведено аналіз рекомендованого ДБН 13.2.5-41:2009 співвідношення зовнішнього діаметру сталевих та внутрішнього діаметру поліетиленового трубопроводів, що в ньому протягуються. Визначено, що український стандарт рекомендує прокладання одного трубопроводу в середині іншого керуючись лише технічною можливістю такої операції. Визначення потрібного діаметру поліетиленової труби для прокладання в сталевій запропоновано проводити методикою, що враховує енерговитратність поліетиленових труб і фактичні температурні умови перекачування газу.

Проведено порівняння нормативної та запропонованої методик розрахунку параметрів поліетиленових труб, що прокладаються в каркасі сталевих на предмет зниження пропускної здатності в діапазоні повної зміни гідравлічного нахилу в системах газопостачання населених пунктів на базі розробленої програми RECONST-N. Одержані результати дослідження наведені на рисунку 2. Враховуючи отримані результати зроблено висновок про те, що використання діаметрів поліетиленових труб, рекомендованих ДБН В.2.5-41:2009, призводить до втрати пропускної здатності елемента газорозподільної системи від 40% до 94% в залежності від діаметра сталевих газопроводу, що не є ефективним і не може бути реалізованим.



Проведено аналіз методики гідравлічного розрахунку газових мереж низького тиску, рекомендованої ДБН В.2.5-20-2001, на предмет можливих шляхів її удосконалення, враховуючи сучасні тенденції розвитку галузі. Визначено, що в ході нормованого розрахунку введено низку припущень, серед яких:

- фізичні властивості газу беруться за нормальних умов (при температурі 0°C та тиску 0,10132 МПа);
- витрата газу зводиться до нормальних умов (при температурі 0°C та тиску 0,10132 МПа);
- коефіцієнт гідравлічного опору при турбулентному режимі незалежно від зони тертя і матеріалу труб обчислюється за формулою Альтшуля;
- не враховуються втрати енергії на подолання різниці геодезичних позначок точок траси;
- не враховують реальних властивостей газу - коефіцієнт стисливості газу для мереж низького тиску вважають рівним одиниці
- затверджені завищені норми річної потреби природного газу на побутові потреби для 1-єї людини.



▲ - за уточненою методикою; ■ - за нормативною методикою

Рисунок 2 - Залежність зменшення пропускної здатності газопроводу від діаметра сталеві труби у разі її заміни на поліетиленову без зміни робочого тиску для гідравлічного нахилу 2 Па/м

Відмічено, що сучасний етап розвитку газотранспортної галузі, що супроводжується підвищенням рівня конкурентоспроможності постачальників природного газу в умовах глобалізації газового ринку, стислими термінами, диктованими вимогами та кодексами ГРМ та ГТС для прийняття інженерно-технічних рішень при підключенні нових споживачів, високою вартістю та тривалим терміном одержання компонентного складу природного газу хроматографічним методом, потребує удосконалення існуючих методів і алгоритмів гідравлічних розрахунків газових мереж в напрямку врахування його калорійності замість використання в розрахунку його компонентного складу.

В цілях з'ясування величини впливу питомої теплоти згорання природного газу на можливі зміни діаметрів трубопроводів газової мережі, по якій він транспортується, проведено дослідження впливу зміни калорійності природного газу на параметри газової мережі для її кінцевих споживачів. На базі спеціалізованого програмного продукту SIMONE проведено гідравлічний розрахунок для різнорозгалужених мереж з виконанням в них поліетиленових і сталевих трубопроводів та при різних тисках (низький, середній). При цьому, змінювали теплоємність газу від нижнього дозволеного українськими нормами показника (7600ккал) до найвишого зареєстрованого в Івано-Франківській області (за даними сертифікатів якості природного газу на сайті ПАТ «Івано-Франківськгаз» за період 2017 року), реєструючи значення тисків у кінцевих споживачів віток мереж.

Згідно результатів даного дослідження, з підвищенням калорійності природного газу, тиски в кінцевих споживачів газової мережі зменшуються, при чому зі збільшенням рівня розгалуженості мережі – дана залежність проявляється яскравіше. Враховуючи це, при гідравлічному розрахунку газорозподільної мережі запропоновано враховувати калорійність газу - для низькокалорійного газу варто обирати менші діаметри трубопроводів, враховуючи, що тиск на кінцевих споживачах вищий, а для висококалорійного – більші, так як тиск в мережі біля споживачів нижчий.

Проведено аналіз отриманих результатів дослідження на основі рівності Пуазейля. При цьому отримано наступні висновки:

1. Зі зміною калорійності природного газу – змінюється різниця тисків на вході і виході мережі, що впливає на витрату продукту споживача наступним чином: чим більш калорійніший природний газ, тим кількість енергоресурсу, що надходить споживачу буде більшою;

2. Виведено залежність зміни витрати природного газу на рівні споживачів від зміни динамічної в'язкості даного енергоресурсу:

$$\Delta Q = \left| \frac{\pi \cdot i \cdot a^4}{8 \cdot \mu_0} - \frac{\pi \cdot i \cdot a^4}{8 \cdot \mu_1} \right| = \frac{\pi \cdot i \cdot a^4}{8} \cdot \left| \frac{\mu_1 - \mu_0}{\mu_1 \cdot \mu_0} \right| \quad (1)$$

З рівності (1) слідує, що при зниженні динамічної в'язкості природного газу зменшується кількість продукту, що отримує споживач, а отже – відбувається недоотримання ним енергії.

3. Виведено залежність між змінами розмірів трубопроводів та різницями тисків:

$$\frac{a_1}{a_2} = \left[ \frac{i_2 \cdot \mu_1}{i_1 \cdot \mu_2} \right]^{1/4} \quad (2)$$

Залежність (2) дозволяє оцінити величину зміни лінійних розмірів трубопроводів, що гарантує додатні об'єми постачання продукту.

В **четвертому розділі** розкриті технічні аспекти розробки та виготовлення дослідного взірця установки для контролю теплоти згорання природного газу в потоковому режимі, що стосуються його структури, алгоритму та особливостей роботи.

Так, встановлено взаємозалежності між швидкістю звуку в природному газі і його теплотворною здатністю (рисунок 3) та проведено дослідження визначення

залежності швидкості проходження ультразвукової хвилі в об'ємі природного газу від вмісту в ньому CO<sub>2</sub> (рисунок 4).

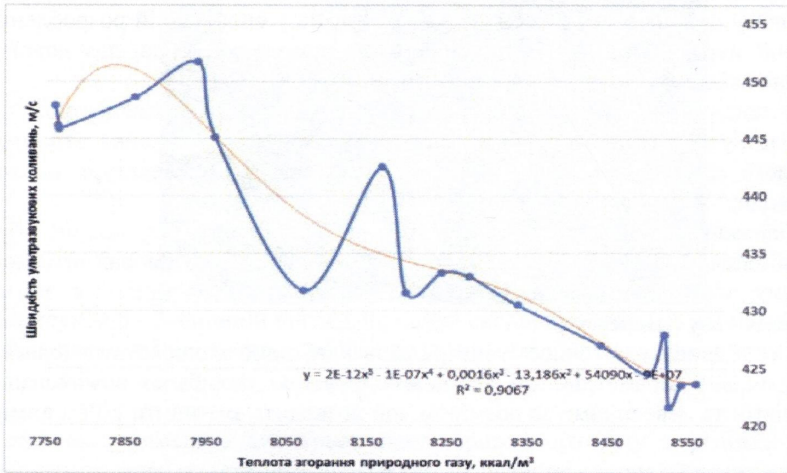


Рисунок 3 - Залежності швидкості ультразвукової хвилі від теплотворної здатності природного газу

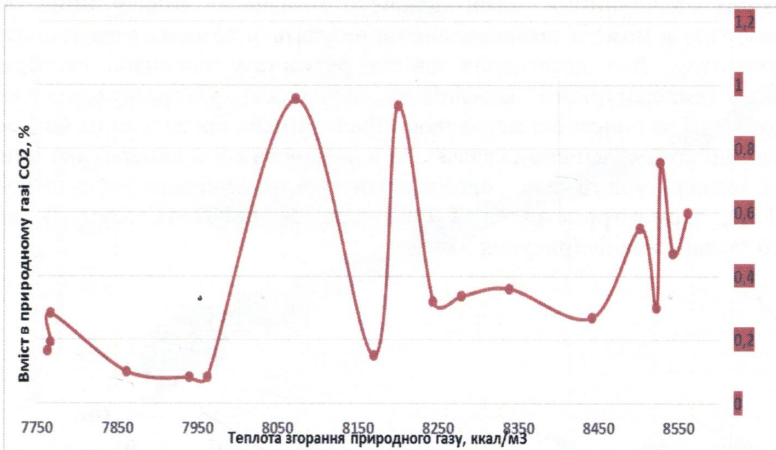


Рисунок 4 - Залежність вмісту CO<sub>2</sub> від теплотворної здатності природного газу

Встановлено, що для досягнення процедури визначення енергії в конкретній кількості газу рівня штатної технологічної операції під час здійснення господарських операцій (купівлі, продажу, постачання) на території України, крім нормативного забезпечення даних вимірювань, необхідно мати широкий спектр атестованих технічних засобів для визначення енергетичних характеристик природного газу і, насамперед, теплоти згорання в потоковому режимі.

Для даних цілей розглянуто можливості удосконалення розробленого лабораторного взірця установки вимірювання теплоти згорання природного газу через вимірювання швидкості звуку в природному газі і вмісту діоксиду вуглецю та подальшому опрацюванні результатів вимірювань у спеціальній розробленій штучній нейронній мережі. Враховуючи недоліки лабораторного взірця, для нової установки необхідно забезпечити виконання таких вимог:

- установка повинна бути переносною та володіти невеликою вагою;
- має бути забезпечена стабільність результатів вимірювання теплоти згорання природного газу не залежно від його температури чи температури навколишнього середовища;
- діапазон вимірювання теплоти згорання природного газу повинен бути таким, що б забезпечити можливість використання установки як в умовах промислу, так і в побутових умовах, з врахуванням великих, середніх та низьких значень тиску природного газу в мережах;
- для підвищення точності вимірювань необхідно використати додаткові давачі інформативних параметрів, які володіють меншою похибкою вимірювань, є менш інерційними та невеликими за розміром, що дозволить зменшити об'єм вимірювальної камери.

Також необхідно приділити увагу розробленню методики контролю теплоти згорання природного газу з допомогою удосконаленої установки з урахуванням особливостей її конструкції та умов експлуатації.

У якості дослідницької задачі здійснено визначення впливу зміни температури природного газу в момент вимірювання на результати вимірювання теплоти згорання природного газу. Для досягнення даного результату виконано експериментальне визначення температурного коефіцієнту швидкості ультразвукових коливань в природному газі за описаною методикою. Експеримент проведено на базі розробленої установки, що конструктивно складається з вимірювальної камери, яка вміщує давачі вологості, температури та тиску, промислового ультразвукового дефектоскопа DiO 562 (зав.№ 138), термогігрометра OVT-7302 (сер. № 08082341, Ovtech), вхідного та вихідного газових кранів (рисунок 5).

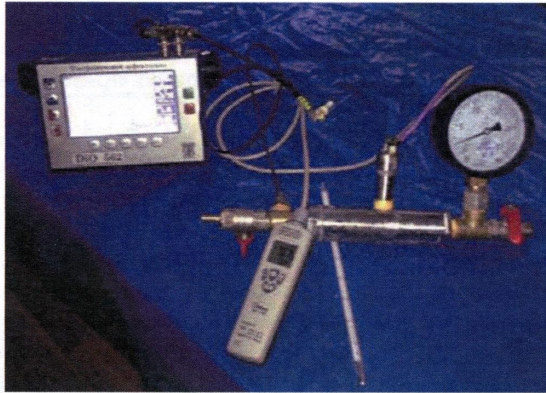


Рисунок 5 - Зовнішній вигляд спрощені експериментальної установки для визначення температурного коефіцієнту швидкості ультразвукових коливань у природному газі

В ході експерименту, для трьох проб природного газу з різними якісними показниками отримані залежності швидкості поширення ультразвукових коливань у досліджуваних пробах від температури останніх, що наведені в таблиці 1 та відображені на рисунку 6.

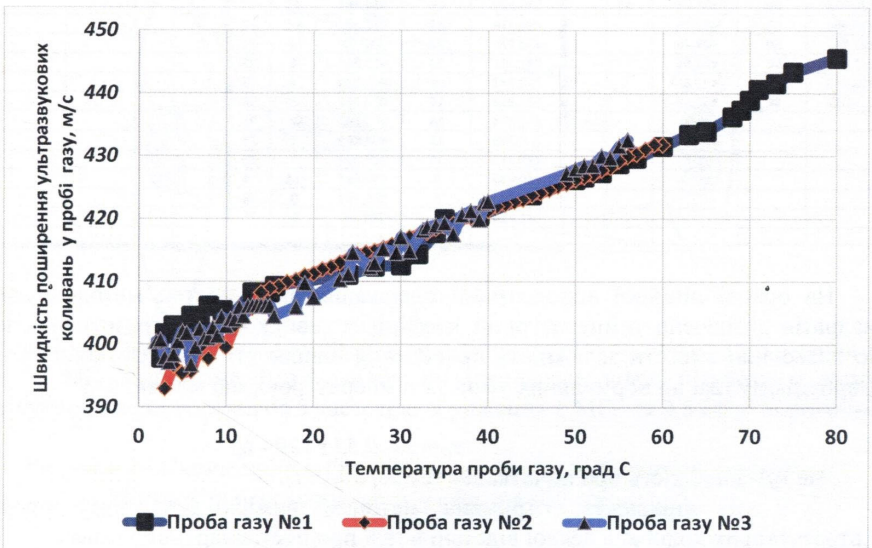


Рисунок 6 - Залежності швидкості поширення ультразвукових коливань від температури газу

Таблиця 1 - Зведені результати вимірювань швидкості поширення  
ультразвукових коливань в пробах природного газу

Проба газу №1					Проба газу №2					Проба газу №3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
232,237	2	400,45	2		221,812	60	431,764	27	55	216,849	80	441,82	19	38
233,462	4	398,35	2,7		222,187	58	431,023	26	60	220,112	70	435,16	12	47
234,387	6	396,78	3,5		222,749	56	429,917	25	62	221,399	68	432,58	11	49
231,921	8	401	4,5		223,624	54	428,206	23	64	222,587	65	430,24	9,5	51
230,799	10	402,95	5		224,249	52	426,993	22	65	223,787	60	427,89	12	56
229,915	12	404,5	6		224,665	50	426,189	20	66	225,187	55	425,18	9	59
228,973	14	406,16	6,5		225,187	48	425,184	19	67	226,499	50	422,68	10	61
229,092	18	405,95	7		225,749	46	424,108	18	68	227,812	45	420,2	9	63
228,24	20	407,47	10		226,312	44	423,035	17	68	231,049	34	414,22	6	65
226,162	24	411,21	11		226,687	42	422,324	16	70	232,874	32	410,92	5,5	65
224,324	24	414,58	12		227,249	40	421,262	15	71	233,874	30	409,14	6,5	66
225,574	26	412,28	12		227,812	38	420,203	14	71	234,749	24	407,59	4	67
223,982	28	415,21	12		228,374	36	419,152	13	72	236,324	15	404,83		72
222,972	30	417,09			228,799	34	418,361	12	73	237,562	8	402,68		73
222,399	32,5	418,17			229,312	32	417,409	11	74	238,487	6	401,1		74
221,962	34	418,99			229,874	30	416,372	10	75	239,368	4	399,6		73
222,737	36	417,53			230,437	28	415,338	9	75	242,437	2,6	394,46		71
220,774	38	421,25	17		230,862	26	414,561	7,5	75					
219,984	40	422,76			231,374	24	413,628	6,5	74					
217,312	50	427,96			232,124	22	412,27	6	74					
217,031	52	428,51			232,687	20	411,256	5	75					
216,441	54	429,68			233,249	18	410,249	4	76					
215,012	56	432,53			233,812	16	409,245	3	76					
					234,374	14	408,248	2	75					
					236,299	12	404,869	1	75					
					239,437	10	399,479	1	75					
					240,499	8	397,687	0,5	76					
					241,687	6	395,702	0	75					
					241,124	4	396,64	0	75					

На основі лінійної апроксимації одержаних залежностей методом найменших квадратів визначено температурний коефіцієнт швидкості ультразвукових коливань, що дозволило вивести залежність приведення швидкості ультразвукових коливань в природньому газі до нормальних умов за температурою, що має вигляд:

$$v_0 = v - 0,53 \cdot (20 - t_0) \quad (3)$$

де  $v_0$  – швидкість при початковій температурі  $t_0$ ,

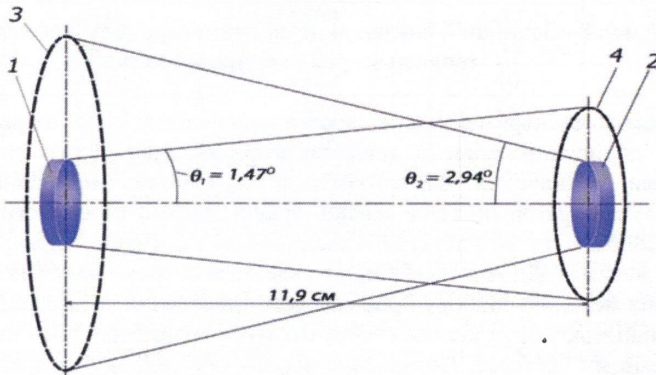
$v$  – швидкість, отримана методом вимірювання часу проходження ультразвукових коливань деякої відстані в газі при нестандартних умовах.

Отриману залежність закладено в програмно-цифровий модуль установки, що дозволило зменшити похибку і час вимірювання, розширити можливість використання установки в значно ширших діапазонах температур навколишнього середовища.

Описані етапи методу визначення швидкості поширення ультразвукових коливань в тестовій камері приладу з врахуванням параметрів затухання

ультразвукових коливань, що включають вимірювання шляху проходження ультразвукових коливань в середовищі та проміжку часу, протягом якого вказані коливання поширюються через природний газ з вказанням ділянок коду програми та деталізацією алгоритму їх роботи.

Наведено алгоритм розроблення конструкції акустичної камери, що включає визначення оптимальної віддалі між перетворювачами ультразвукових коливань, їх діаметру та форми. Враховуючи розраховане розміщення дальньої зони акустичних полів п'єзоперетворювачів приладу з рівномірним сигналом, встановлено, що мінімальна довжина між ними повинна становити не менше 11,9 см. Керуючись розрахунком значень кутів розкриття основних пелюсток п'єзоелектричних перетворювачів (наведені на рисунку 7), визначено геометричні розміри (діаметри) відбивачів, що для п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача з частотою коливань 1 МГц становить 2,61 см, а для п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача з частотою коливань 0,5 МГц – 3,22 см. В цілях компенсації кута розходження акустичних променів і підвищення вхідного сигналу за рівнем, відбивачі ультразвукових коливань виконані з вгнутою формою, радіус якої, згідно проведеного розрахунку, для п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача з частотою коливань 1 МГц становить 50,87 см, а для п'єзоелектричного ультразвукового перетворювача з частотою коливань 0,5 МГц – 31,37 см.

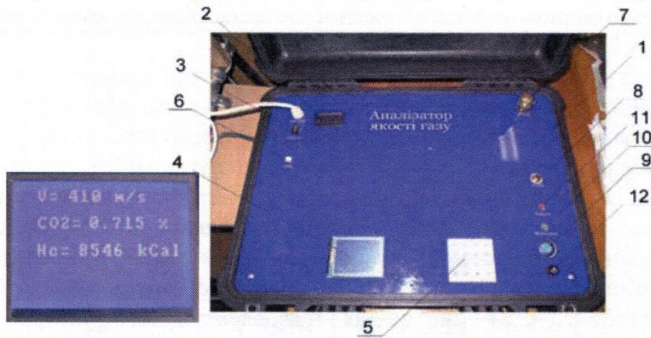


1 та 2 – п'єзоелектричні ультразвукові перетворювачі з частотою збудження 1 МГц та 0,5 МГц відповідно; 3 та 4 – відбивачі (узгоджувачі шари) п'єзоелектричних ультразвукових перетворювачів з частотою збудження 1 МГц та 0,5 МГц відповідно

Рисунок 7 - Схематичне зображення поширення акустичних променів від ультразвукових перетворювачів у середовищі природного газу

Також в розділі акцентовано увагу на конструктивній побудові дослідного взірця, проведенню експериментальних досліджень з ним та його промисловій апробації. Розроблено і виготовлено дослідний взірець приладу для визначення теплоти згорання природного газу, виконаного у пило-волого захисному корпусі з класом захисту IP67 з

габаритними розмірами 50×40×19 см та вагою 15 кг, загальний вигляд якого наведено на рисунку 8. Наведено узагальнену характеристику його конструктивних елементів.

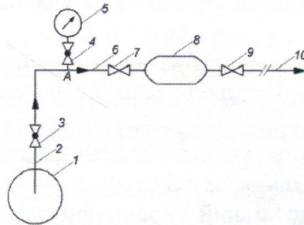


1 - панель; 2 – індикатор значення напруги акумулятора; 3 - перемикач на живлення приладу від акумуляторної батареї; 4 - рідкокристалічний дисплей; 5 – клавіатура; 6 - гніздо для під'єднання зовнішнього USB-накопичувача; 7,8 - штуцери для введення та виведення контрольованої проби газу; 9 – кнопка ввімкнення приладу; 10 - індикатор наявності напруги живлення приладу; 11 - індикатор роботи приладу; 12 - тримач запобіжника.

Рисунок 8 - Зовнішній вигляд лицевої панелі приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу

Проведено експериментальне дослідження дослідного взірця установки, що полягає в порівнянні значень теплоти згорання природного газу, отриманих за результатами визначення фізико-хімічних показників природного газу хіміко-аналітичною лабораторією ПАТ «Івано-Франківськгаз» (хроматографічний комплекс «Кристал 2000м») та результатами досліджень дослідним взірцем установки через відбір газу методом заповнювання-пропускання за схемою, наведеною на рисунку 9.

Описана методика відбору проб газу для проведення досліджень на об'єктах ПАТ «Івано-Франківськгаз» та хід робіт 9-ти експериментів дослідним взірцем установки з 6-ма відібраними пробами. Пораховано абсолютну похибку та похибку приведену до діапазону вимірювання приладу ( $7500-9000 \text{ ккал/м}^3$ ). Результати обчислення похибок наведено у таблиці 2.



1 - газопровід; 2 - пробовідбірний зонд; 3, 4 - кульовий вентиль; 5 - манометр;



6 - пробовідбірний рукав; 7 - вхідний вентиль пробовідбірника; 8 - балон пробовідбірника; 9 - вихідний вентиль пробовідбірника; 10 - відвідний рукав;  
 А - точка приєднання пробовідбірного рукава до місця відбору проби

Рисунок 9 - Схема відбирання проб природного газу методом заповнювання-пропускання

Таблиця 2 - Аналіз протоколів експериментальних досліджень дослідного взірця приладу

Протокол №	Значення нижчої теплоти згорання за результатами хроматографії, ккал/м <sup>3</sup>	Усереднене значення нижчої теплоти згорання за результатами вимірювань за допомогою дослідного взірця приладу, ккал/м <sup>3</sup>	Абсолютна похибка, ккал/м <sup>3</sup>	Приведена до діапазону похибка, %
1	8146	8173	27	1,8
2	8271	8195	-76	5,0
3	8271	8196	-75	5,0
4	8577	8539	-38	2,5
5	8546	8509	-37	2,4
6	8546	8512	-34	2,3
7	8520	8560	40	2,6
8	8520	8535	15	1,0
9	8180	8236	56	3,7

Згідно отриманих результатів експериментальних досліджень, максимальна приведена до діапазону похибка визначення нижчої теплоти згорання природного газу дослідним взірцем установки складає 5,0% (абсолютна похибка дорівнює 76 ккал/м<sup>3</sup>), швидкість проведення визначення теплоти згорання природного газу за допомогою дослідного взірця – до п'яти хвилин, що дало змогу стверджувати про відповідність запропонованого методу раніше встановленим вимогам. Значення отриманої похибки приладу є допустимим і попадає в область невизначеності  $\pm 115$  ккал/м<sup>3</sup> згідно з ДСТУ ISO 15971:2014, і відповідає засобам вимірювальної техніки 3-го класу, що дозволяє використовувати розроблений ЗВТ для задачі експрес-контролю теплоти згорання природного газу.

Проведена промислова апробація дослідного взірця приладу на базі лабораторії перевірки промислових лічильників газу на ПАТ «Івано-Франківськгаз», що включала 2 серії з 7-ми вимірювань протягом кожного дня (25.07.2016р. і 01.08.2016р.). Відповідно до протоколів промислової апробації дослідного взірця приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу максимальне відхилення значень питомої теплоти згорання природного газу склало 54 ккал/м<sup>3</sup> (25.07.2016 р.) і 43 ккал/м<sup>3</sup> (01.08.2016 р.), при цьому похибка приведена до діапазону вимірювання складає відповідно 3,6% і 2,8%.

Проведена оцінка технічної відповідності приладу для визначення теплоти згорання природного газу «GAS – Hi – Q» на базі хімлабораторії ПАТ «Івано-

Франківськгаз», в результаті якої встановлено, що границя невизначеності приладу складає  $0,5 \text{ МДж/м}^3$  (приблизно 1,0 %), що цілком задовольняє вимогам діючих нормативів на виконання даних вимірювань.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ПІДСУМКОВІ ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень вирішено важливу науково-прикладну задачу, яка полягає у встановленні закономірностей енерговитрат на транспортування природного газу з урахуванням його фізичних властивостей, зокрема, теплотворної здатності і має за мету безперерйне забезпечення споживача енергоносієм, що дозволяє удосконалити систему обслуговування газопроводів газових мереж середнього та низького тисків. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень одержані такі основні результати:

1. Проаналізовано виклики, які постають для забезпечення ефективного функціонування газопроводів газових мереж середнього та низького тисків у відповідності до вимог 3 енергопакету ЄС та сучасні методи та технології визначення енергетичних характеристик природного газу.
2. На основі проведених теоретичних досліджень:
  - показано, що основним критерієм якості природного газу являється його нижча теплотворна здатність, яка є функцією компонентного складу, вологості, наявності негорючих інгредієнтів а для оцінки якості природних вуглеводневих енергоносіїв у кожному конкретному випадку необхідно проводити перерахунок нижчої теплотворної здатності на основі запропонованих моделей.
  - встановлено, що для забезпечення розрахункової пропускної здатності газопроводу, при його реконструкції шляхом протягування поліетиленових труб, необхідно здійснювати зміну робочого тиску з низького на середній для забезпечення споживачів енергоносієм з урахуванням флуктуації його теплотворної здатності;
  - отримано залежність між питомою теплою згорання природного газу та тиском в кінцевих споживачах газових мереж, що є підставою для врахування калорійності газу при проведенні гідравлічних розрахунків мереж.
3. Доведено результатами аналітичних і експериментальних досліджень, що основним вимірюваним параметром для посереднього методу визначення теплотворної здатності природного газу як суміші різних вуглеводневих інгредієнтів може служити швидкість розповсюдження звукових хвиль в газовому потоці. Одержано залежність теплотворної здатності газу від швидкості звукових коливань, встановлено її залежності від параметрів газового потоку, обґрунтовано вибір основних характеристик вимірювальної системи.
4. На основі результатів проведених аналітичних та експериментальних досліджень розроблено систему та сконструйовано і виготовлено прилад для контролю теплотворної здатності природного газу в потоковому режимі. Проведено його промислові випробування, результати яких показали високу ефективність і достовірність методу, оскільки відносна похибка в порівнянні з

хроматографічним методом не перевищує 1,5%. Розроблено технологію потокового вимірювання теплоти згоряння природного газу.

**Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в наступних виданнях:  
Закордонне видання**

1. Karpash M.O. Progress in the field of development of means for express control of natural gas combustion heat / M.O. Karpash, A.V. Yavorsky, I.V. Rybitsky, I.I. Visochansky, I.Y. Daravay – Proceedings of Scientific and Technical Union of Mechanical Engineering, year XXIII. – 2015. - №2(165). – С.43-45.

**Фахові видання України і монографії**

2. Природний газ: інноваційні рішення для сталого розвитку: монографія – Загальна редакція: О.М. Карпаш. Редакційна колегія: Райтер П.М., Карпаш М.О., Яворський А.В., Тацакович Н.Л., Рибіцький І.В., Даравай І.Я., Банахевич Р.Ю., Височанський І.І. – Івано-Франківський ІФНТУНГ, 2014. – 398 с.

3. Ксенич А.І. Особливості гідравлічного розрахунку поліетиленових газових мереж із урахуванням їх енерговитратності / А.І. Ксенич, М.Д. Середюк, І.І. Височанський – Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. - №1. – С. 189-196.

4. Ксенич А. І. Розробка рекомендацій щодо реконструкції сталевих газових мереж шляхом протягування в них поліетиленових труб / А.І. Ксенич, М.Д. Середюк, І.І. Височанський – Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2012. - №1. – С. 114-123.

5. Карпаш О.М. Нормативне забезпечення вимірювання енергетичних характеристик природного газу / О.М. Карпаш, І.І. Височанський, І.Я. Даравай. – Нафтогазова енергетика. – 2015. - №1. – с. 39-44.

6. Огляд сучасного стану технологій розробок для експрес-контролю теплоти згоряння природного газу / А.В. Яворський, І.Р. Вашишак, І.І. Височанський, М.О. Карпаш. – Методи та прилади контролю якості. – 2016. - №2. – С. 51-66.

7. Технічна реалізація удосконалення технологій експрес-контролю теплоти згоряння природного газу / І.І. Височанський, А.В. Яворський, М.О. Карпаш, О.М. Карпаш. – Нафтогазова енергетика. – 2017. - №27(1). – с. 70-78.

8. Вплив характеристик природного газу на його якість / І.І. Височанський, В.П. Гоцуляк // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2017. - №2 (63). – с. 102-208.

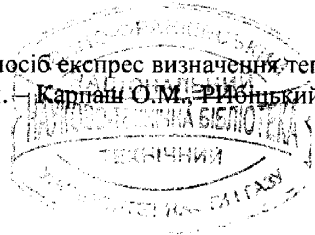
9. Ураховання температури природного газу при експрес визначенні його теплоти згоряння / І.В. Рибіцький, І.І. Височанський, О.М. Карпаш, М.О. Карпаш // Нафтогазова енергетика. 2017. - №2 (28). – с. 45-52.

10. Височанський І.І. Оптимізація газових мереж низького тиску з врахуванням енергетичних характеристик природного газу/ І.І. Височанський, Н.І. Чабан, С.О. Максим'юк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2017. - № 4(65). – с.103-110.

**Патент**

11. Патент на корисну модель UA 114212 U. Спосіб експрес визначення теплоти згоряння природного газу з урахуванням температури. – Карпаш О.М., Рибіцький І.В.,

an 2759



Карпаш М.О., Даравай І.Я., Яворський А.В., Височанський І.І. (Україна). Опубл. 10.03.2017 р., Бюл. №5. 2017.

### **Матеріали конференцій**

12. Методи та обладнання для експрес-контролю теплоти згорання природного газу / Рибіцький І.В., Височанський І.І., Карпаш М.О., Карпаш О.М. – Збірник матеріалів доповідей Сьомої міжнародної науково-практичної конференції і виставки «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технології діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання». – м. Івано-Франківськ, 25-28 листопада 2014 р. – с 228-230.

13. Рибіцький І.В. Забезпечення експрес-контролю теплоти згорання природного газу / І.В. Рибіцький, І.І. Височанський, І.Я. Даравай, М.О. Карпаш, О.М. Карпаш, А.В. Яворський, І.Р. Ващишак – Нафтогазова енергетика 2015: 4-та міжнар. Наук-техн. Конф., Івано-Франківськ, 21-24 квітня 2015р.: зб. Тез доп. Івано-Франківськ, 2015. – С. 271-274.

14. Яворський А.В. Досвід розробки і впровадження пристрою для експрес-контролю теплоти згорання природного газу / А.В. Яворський, І.І. Височанський, М.О. Карпаш, П.М. Райтер, І.В. Рибіцький – Неруйнівний контроль та технічна діагностика UkrNTD-2016 : 8-а національна науково-технічна конфер., 22-24 листопада 2016 р. : матеріали конференцій. – К.:УТНКТД.,2016. – 380 с., с. 203-205.

15. Височанський І.І. Метод експрес-контролю якості природного газу та його реалізація / І.І. Височанський, А.В. Яворський, П.М. Райтер, С.О. Максим'юк, І.Я. Даравай – Приладобудування: стан та перспективи: 15-та міжнар. Наук-техн. Конф., Київ, 17-18 травня 2016 р.: зб. тез. доп., Київ, 2016. – С. 206-207.

16. Технічна реалізація удосконалення технології експрес-контролю теплоти згорання природного газу / А.В. Яворський, І.І. Височанський, М.О. Карпаш, О.М. Карпаш – Нафтогазова енергетика 2017: 5-та міжнар. Наук-техн. Конф., Івано-Франківськ, 15-19 травня 2017 р.: зб. Тез доп. – Івано-Франківськ., 2017. – с. 280.

### **АНОТАЦІЯ**

Височанський І.І. - Удосконалення методів обслуговування та ремонту газових мереж з урахуванням енергетичних характеристик природного газу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.15.13 "Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища" (185 – Нафтогазова інженерія та технології). – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2018.

Дисертація присвячена розробленню сучасних підходів до експлуатації газових мереж середнього та низького тисків, що включають як покращення методики проведення етапу розрахунку мереж, так і їх експлуатації в питанні створення можливості визначення якісних характеристик природного газу через розроблений

дослідний зразок установки визначення теплоти згорання природного газу в потоковому режимі. Основна ідея роботи полягає у встановлення закономірностей впливу енергетичних характеристик природного газу на характер протікання технологічних процесів в газових мережах середнього і низького тисків, які покликані вирішити проблеми, що супроводжують експлуатацію газових мереж середнього та низького тисків на сучасному етапі та сучасний стан засобів і методів контролю енергетичних параметрів природного газу.

Пропрацьовано аналіз газотранспортної мережі в частині можливих шляхів покращення методів їх обслуговування з врахуванням калорійності природного газу.

В роботі також наведені результати досліджень по розробленню дослідного взірця установки для контролю теплоти згорання природного газу в потоковому режимі, що стосуються його структури, алгоритму та особливостей роботи. Обґрунтовано вибір основних характеристик вимірювальної системи. Розроблено і виготовлено дослідний взірець приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу, придатний для вимірювань безпосередньо в точці відбору газової проби, а також проведення потоківих вимірювань на газовій магістралі низького тиску. Розроблено алгоритми роботи з приладом, проведено промислово апробацію дослідного взірця приладу для експрес-контролю якості газу в потоковому режимі в мережах низького та середнього тисків.

Ключові слова: гідравлічний розрахунок газопроводів, експрес-контроль якості газу, прокладання поліетиленових труб в сталевому каркасі, теплота згорання газу, якість газу.

## АННОТАЦИЯ

Высочанский И.И. - Совершенствование методов обслуживания и ремонта газовых сетей с учетом энергетических характеристик природного газа. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.15.13 "Трубопроводный транспорт, нефтегазохранилища" (185 - Нефтегазовая инженерия и технологии). - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2018.

Диссертация посвящена разработке современных подходов к эксплуатации газовых сетей среднего и низкого давлений, включающих как улучшение методики проведения этапа расчета сетей, так и их эксплуатации в вопросе создания возможности определения качественных характеристик природного газа через разработанный опытный образец установки для определения теплоты сгорания природного газа в потоковом режиме. Основная идея работы заключается в установлении закономерностей влияния энергетических характеристик природного газа на характер протекания технологических процессов в газовых сетях среднего и низкого давлений, которые призваны решить проблемы, сопровождающие эксплуатацию газовых сетей среднего и низкого давлений на современном этапе и современное состояние средств и методов контроля энергетических параметров природного газа.

Проработан анализ газотранспортной сети в части возможных путей улучшения методов их обслуживания с учетом калорийности природного газа.

В работе также приведены результаты исследований по разработке исследовательского образца установки для контроля теплоты сгорания природного газа в потоковом режиме, касающиеся его структуры, алгоритма и особенностей работы. Обоснован выбор основных характеристик измерительной системы. Разработан и изготовлен опытный образец прибора для экспресс-контроля теплоты сгорания природного газа, пригодный для измерений непосредственно в точке отбора газовой пробы, а также проведения потоковых измерений на газовой магистрали низкого давления. Разработаны алгоритмы работы с прибором, проведена промышленная апробация исследовательского образца прибора для экспресс-контроля качества газа в потоковом режиме в сетях низкого и среднего давления.

Ключевые слова: гидравлический расчет газопроводов, экспресс-контроль качества газа, прокладка полиэтиленовых труб в стальном каркасе, теплота сгорания газа, качество газа.

## ANNOTATION

Vysochanskyi I.I. - Improvement of methods for gas networks operation based on energy characteristics of natural gas. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences (PhD) in the specialty 05.15.13. “Pipeline transportation, oil and gas storages” (185 – Oil and gas engineering and technologies). – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, – Ivano-Frankivsk, 2018.

The thesis is devoted to the development of modern approaches to the operation of gas networks of medium and low pressures, including both improving the methodology for conducting the grid calculation stage and their operation in the matter of creating the ability to determine the qualitative characteristics of natural gas using a prototype unit for determining the natural gas calorific value in a streaming mode.

The main idea of the work is to establish patterns of influence of the energy characteristics of natural gas on the nature of the flow of technological processes in medium and low pressure gas networks, which are designed to solve the problems that follow the operation of medium and low pressure gas networks at the present stage and the current state of the means and methods of energy control, for controlling the natural gas energy parameters.

The causal-effect chain between the detrimental consequences of the technological development of society and the transition to energy-efficient use of energy resources is given. Particular attention is paid to the analysis of the method of reconstruction of worn-out underground steel gas pipelines using them as a framework for pulling polyethylene pipes into them. The main stages of such a reconstruction and options for technical solutions for it, ensuring the same operating conditions of the gas transmission network by consumers of energy resources, are considered. On the basis of analytical studies, the effect of the calorific value of natural gas on the energy characteristics of the gas supply is shown and the need to maintain the system in working condition is proved.



an2759

It is also established that the main criterion for the quality of natural gas is its low calorific value, which is a function of the composition, humidity, and the presence of non-combustible ingredients (nitrogen, hydrogen sulfide, carbon dioxide). To determine the quality of natural hydrocarbon gases as complete, in each case it is necessary to recalculate the net calorific value based on the proposed models, methods and means. No less important is the fact that to improve the quality of natural gases, deep drainage from moisture and gas condensate should be carried out with the withdrawal of heavy hydrocarbon gases, as well as the removal of aggressive components that give rise to corrosion processes of the inner surface of the pipeline walls.

The analysis of the gas transmission network has been developed in terms of possible ways to improve their maintenance methods, taking into account the caloric content of natural gas.

A theoretical study of the sequence of the process of determining the energy characteristics of natural gas in the context of Ukrainian regulatory documents was carried out with consideration of special cases - streaming mode with variable calorific value of natural gas and non-simultaneous determination of specific heat of combustion and gas volume.

The paper also discloses the technical attributes of a research sample of an installation for monitoring the natural gas calorific value in a streaming mode, relating to its structure, algorithm, and operation features. The selection of the main characteristics for the measuring system is justified. The developed installation requirements are the basis for the development of the structural scheme and the algorithm of its work, the functional blocks of the structural scheme, the process and sequence of their work, the basic requirements for their implementation and supply are identified and described in detail. A software algorithm was developed for the operation of an express gas quality control device, including a method for determining the ultrasound flow rate in a natural gas flask, and requirements for the design of the measuring chamber of the installation and the design and location of ultrasonic transducers for measuring the propagation velocity of ultrasonic vibrations in natural gas were developed based on account propagation of ultrasonic vibrations in natural gas.

A prototype of a device for express control of natural gas calorific value, suitable for measurements directly at the gas sampling point, as well as streaming measurements on a low-pressure gas line, was developed and manufactured. Algorithms for device operating were developed, industrial testing of a device research sample for express gas quality control in streaming mode in low and medium pressure networks were conducted, which allows to determine gas actual energy characteristics and therefore the possibility of owning in a short time and without significant financial losses to relate to the quality of gas its price, as well as the cost of its transportation and storage.

Key words: express quality control of gas, gas quality, gas calorific value, hydraulic calculation of gas pipelines, laying of polyethylene pipes in a steel frame.