

622.691.4(043)  
Ф 50

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Ф И К М И Х А Й Л О І Л Л І Ч**



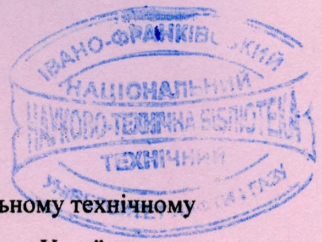
УДК 622.691.4 (043)  
Ф 50

**ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ  
З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННИХ ЧИННИКІВ**

Спеціальність 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

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

Івано-Франківськ–2010



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Середюк Марія Дмитрівна,**  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри транспорту і зберігання нафти і газу.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Тимків Дмитро Федорович,**  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
завідувач кафедри інформатики;

кандидат технічних наук **Банахевич Юрій Володимирович,**  
ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України» (м. Київ)

начальник у  
і газорозпод

Захист відбу

спеціалізова

національно

76019, Укра

З дисертаціє

Івано-Франк

за адресою:

Авторефера

Вчений секр

вченої ради Д.20.052.04

канд. техн. наук

Л.Д. Пилипів

**ЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**актуальність теми.** Газотранспортна система (ГТС) України, друга за потужністю у Європі після російської, виконує важливі функції транзитних поставок природного газу в Європу, а також забезпечення газом вітчизняних споживачів. Вона зв'язана із газотранспортними системами сусідніх європейських країн і через них інтегрована в загальноєвропейську газову мережу. На сьогодні одним із важливих завдань у сфері трубопровідного транспорту газу є оцінювання фактичної пропускної здатності ГТС з урахуванням особливостей їх геометричної структури та розробка рекомендацій щодо зменшення енерговитратності експлуатації.

Системи трубопровідного транспорту газу належать до надскладних технічних систем і включають значну кількість елементів, які газодинамічно пов'язані між собою. На кільканиткових та розгалужених газопроводах можуть бути реалізовані сотні варіантів їх експлуатації, що різняться як схемами роботи лінійної частини, так і схемами роботи ГПА на КС. Задана транспортна робота може бути виконана шляхом реалізації не одного, а множини технологічно можливих варіантів роботи газопроводу. Кожному варіанту експлуатації складної ГТС відповідає певний розподіл потоків газу між нитками газопроводів та певні енергетичні витрати на транспортування газу. Виникає задача знаходження режимів роботи складних ГТС, яким відповідають мінімальні енерговитрати на транспортування заданого обсягу газу. Для вирішення зазначеної задачі необхідно розробити методологію розподілу потоків газу в елементах ГТС та оцінювання енерговитрат залежно від сезонних чинників. Це дасть можливість виявити елементи ГТС, що характеризуються надлишковими ресурсами тиску, та розробити методи і пристрої для їх утилізації.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась у рамках програми «Нафта і газ України до 2010 року», госпдоговірної НДР № 11-102-2(12-2-03) «Розробка методології та алгоритмів оптимізації розподілу потоків газу і режимів роботи газотранспортних систем» (2005-2006 рр.), госпдоговірної НДР № 1-01/2008-2009 «Розробка та виготовлення трансформатора перетворення енергії потоку газу в теплову енергію», у виконанні якої автор приймав безпосередню участь.

**Мета і задачі дослідження.** Зменшення енерговитратності транспортування газу в кільканиткових та розгалужених газопроводах з урахуванням особливостей їх геометричної структури та сезонних чинників.

Поставлена мета реалізується через вирішення таких задач:

- виявлення закономірностей термогазодинамічних процесів у газопроводах розгалуженої та кільканиткової структури;
- розробка математичної моделі розподілу потоків газу в кільканиткових газопроводах з урахуванням газодинамічної взаємодії ниток, сезонних чинників та енергетичних можливостей ГПА КС;
- встановлення взаємозв'язку між характеристикою шляхового споживача газу, сезонними змінами температури навколишнього середовища, режимом роботи розгалуженого газопроводу та надлишковими ресурсами тиску газу у кінці відводів;
- оцінювання ефективності керування режимами роботи кільканиткових та розгалужених газопроводів шляхом використання особливостей їх геометричної струк-



тури з метою збільшення пропускної здатності та зменшення енерговитратності транспортування газу;

- розробка методів та технічних пристроїв утилізації надлишкового тиску у кінці відводів розгалужених газопроводів та зменшення енерговитратності трубопровідного транспорту газу.

**Об'єктом досліджень** є магістральні газопроводи України, які мають складну, а саме кільканиткову і розгалужену структуру.

**Предметом досліджень** є термодинамічні та газодинамічні процеси, що супроводжують рух газу у кільканиткових та розгалужених газопроводах.

**Методи дослідження.** Обробка результатів промислового експерименту виконувалась з використанням методів статистичного аналізу. При розробці математичних моделей нестационарного та стаціонарного руху газу у кільканиткових та розгалужених газопроводах використовувались методи диференціального та інтегрального числення, а також методи математичного моделювання, які реалізовані у комп'ютерних програмах.

**Положення, що захищаються.** Закономірності нестационарних та стаціонарних режимів транспортування газу у розгалужених та кільканиткових газопроводах, їх вплив на енерговитратність експлуатації ГТС.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі у результаті виконання експериментальних та теоретичних досліджень вперше:

- встановлені закономірності зміни тиску, температури і витрати при нестационарному режимі руху газу на ділянці розгалуженого газопроводу у широкому діапазоні шляхових відборів і підкачувань газу;

- виявлені особливості термогазодинамічних процесів при нестационарному режимі руху газу у міжнитковій перемичці;

- удосконалені математичні моделі стаціонарного руху газу з урахуванням специфіки геометричної структури та особливостей експлуатації кільканиткових та розгалужених газопроводів;

- виявлені закономірності впливу характеристик шляхового споживача (ГРС) та температурних умов навколишнього середовища на режим роботи розгалуженого газопроводу та надлишкові ресурси тиску газу у кінці відводів;

- встановлені кількісні показники впливу відкриття перемичок на пропускну здатність та енерговитратність кільканиткових газопроводів з урахуванням сезонних чинників та енергетичних можливостей ГПА КС.

**Практична цінність отриманих результатів:**

- розроблені методика та програмне забезпечення для прогнозування пропускної здатності та енерговитратності кільканиткового газопроводу за будь-якої комбінації відкритих перемичок з урахуванням сезонних чинників та енергетичних можливостей ГПА КС;

- створена методологія прогнозування пропускної здатності та енерговитратності розгалуженого газопроводу за будь-якої комбінації підключення шляхових споживачів з урахуванням сезонних змін обсягів споживання газу;

- розроблені методи та технічні пристрої для ефективного використання надлишкових ресурсів тиску газу у кінці відводів розгалужених газопроводів.

**Особистий внесок здобувача.** Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. В опублікованих роботах автором особисто:

- досліджені закономірності стаціонарного руху газу у відгалуженні [1];
- розроблена математична модель одновимірного нестационарного руху газу на ділянці кільканиткового та розгалуженого газопроводу [7];
- досліджені особливості термогазодинамічних процесів, що супроводжують рух газу в міжниткових перемичках [8];
- розроблений метод оцінювання впливу відкриття перемичок на пропускну здатність кільканиткового газопроводу [3, 4];
- розроблений метод визначення пропускну здатності розгалуженого газопроводу з урахуванням характеристик шляхових споживачів, у тому числі ПСГ [5,6];
- запропоновані стратегічні підходи до вирішення питання зменшення енерговитратності транспортування газу [9,10];
- запропоновані принцип роботи та конструктивні особливості пристроїв для використання надлишкових ресурсів тиску газу у кінці відводів [2, 11,12, 13].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідались та обговорювались на:

- Міжнародній науково-практичній конференції «Эффективные пути поисков, разведки и разработки залежей нефти Беларуси» (Білорусь, м. Гомель, 2006);
- XIV міжнародній конференції «Ресурсоенергозбереження у ринкових умовах» (м. Ялта, 2007);
- Міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсоенергозберігаючі технології у нафтогазовій енергетиці» (м. Івано-Франківськ, 2007);
- Всеросійському науковому семінарі з міжнародною участю «Математические модели и методы анализа и оптимального синтеза развивающихся трубопроводных и гидравлических систем», (м. Іркутськ, 2008);
- Міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи» ( м. Івано-Франківськ, 2009).

У повному об'ємі результати досліджень доповідались на засіданні кафедри транспорту і зберігання нафти і газу ІФНТУНГ та науковому семінарі факультету нафтогазопроводів зазначеного університету.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 10 друкованих праць у фахових виданнях та одержано 3 патенти.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація викладена на 187 сторінках, складається з вступу, п'яти розділів, висновків, 60 рисунків, 12 таблиць, списку використаних джерел, який містить 107 найменувань, та 3 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У першому розділі наведений аналіз літературних джерел з питань прогнозування транзитних можливостей і зменшення енерговитратності експлуатації складних за структурою газопроводів. Виконаний аналіз ГТС України з точки зору функціонального призначення, особливостей геометричної структури та механізму впливу сезонних чинників. Згідно з нормами технологічного проектування газопроводів залежно від призначення магістральні газопроводи підрозділяються на: базові;

розподільні, маневрові і відводи. На режим роботи базових газопроводів помітно впливає тільки сезонна нерівномірність споживання газу. На режим роботи розподільних та маневрових газопроводів суттєво впливає сезонна та добова нерівномірність споживання газу. На режим роботи відводів, окрім сезонної та добової нерівномірності, частково впливає годинна нерівномірність, спричинена нерівномірністю відбору газу споживачами. Звідси випливає, що призначення газопроводу визначає його геометричну структуру, а також особливості експлуатації та механізм впливу сезонних чинників на режимні параметри роботи. Аналіз призначення та геометричної структури ГТС України дав змогу виділити газопроводи, при функціонуванні яких переважає транзитна функція, та газопроводи, при функціонуванні яких переважає розподільна функція. Аналіз засвідчив, що розподільні газопроводи становлять значну частку (38 %) від протяжності ГТС України. Особливості структури розподільних газопроводів суттєво впливають на режим їх експлуатації, що вимагає спеціальних досліджень. Особливістю основних транзитних газопроводів України є те, що на значній довжині вони прокладені паралельно в одному коридорі. Між нитками передбачені перемички як на ділянках, так і на вході та виході КС. При відкритті перемичок між газопроводами формується складна кільканитковна система з параметрами, що залежать від комбінації відкритих перемичок. Експлуатація таких газопроводів має ряд особливостей, що вимагає спеціальних досліджень.

Значний внесок у створення наукових основ та методології прогнозування режимів роботи складних ГТС забезпечили роботи Бобровського С.А., Грудза В.Я., Житкової М.О., Ковалка М.П., Капцова І.І., Лур'є М.В., Тимківа Д.Ф., Щербакова С.Г., Яковлева Е.І. та їх численних учнів Деркача М.П., Клюка Б.О., Костіва В.В., Михалевича О.Т., Лінчевського М.П., Рудніка А.А., Соляника В.Г., Шимка Р.Я. та ін. Всі ці роботи базуються на сучасних досягненнях прикладної математики та широкому використанні комп'ютерних технологій для виявлення закономірностей термогазодинамічних процесів в елементах ГТС.

Аналіз літературних джерел засвідчив, що, не дивлячись на значну кількість робіт, присвячених математичному моделюванню термогазодинамічних процесів у газопроводах, низка питань, пов'язаних з оцінюванням енерговитратності складних за структурою газопроводів не знайшла у них детального відображення. У першу чергу це стосується кільканиткових та розгалужених газопроводів. На сьогодні відсутні методи, які враховують специфіку їх геометричної структури і дають змогу достовірно прогнозувати пропускну здатність, розподіл потоків газу по нитках, режимні та енергетичні параметри роботи з урахуванням сезонних чинників.

Виконано узагальнення напрямків технічного переозброєння ГТС та розроблена концептуальна схема ресурсоенергозберігаючих заходів. Як базова вибрана експертна оцінка впровадження нових технологій у поєднанні з основними економічними показниками окупності, прогнозу й прогресії додаткового прибутку з використанням енергетичних еквівалентів твердих валют. Запропонована стратегія впровадження енергозберігаючих технологій в ГТС дає змогу виявити конкретні шляхи ліквідації зайвих енергетичних витрат у транспорті газу за рахунок спільного ефекту енерготрансформації та встановлення найбільш економічних режимів

шкових ресурсів тиску газу на ГРС. Вибір економічних режимів роботи газопроводів передбачає оптимальний розподіл потоків газу у кільканиткових та розгалужених газопроводах за критерієм мінімальних енерговитрат на транспортування заданого обсягу газу. Виходячи із сучасного стану проблеми, сформульовано мету і задачі дисертаційної роботи.

**Другий розділ** присвячений дослідженню особливостей термогазодинамічних процесів у газопроводах розгалуженої та кільканиркової структури. За наявності будь-якого елемента геометричної складності газопроводу збільшується імовірність виникнення нестационарного процесу транспортування газу. Так для випадку розгалуженого газопроводу нестационарні процеси виникають за будь-якого включення чи відключення шляхових споживачів, за будь-якої зміни обсягів споживання газу шляховими споживачами.

Із використанням положень класичної газової динаміки і напрацювань зарубіжних та вітчизняних вчених запропонована система рівнянь нестационарного неізотермічного руху реального газу на ділянці розгалуженого газопроводу, яка складається із рівнянь руху, нерозривності та енергії газового потоку. Система рівнянь включає також залежності коефіцієнта стисливості газу, густини газу, коефіцієнта Джоуля-Томсона, теплоємності газу та коефіцієнта гідравлічного опору від параметрів стану газу. Сформовані початкові та граничні умови, що враховують специфіку експлуатації розгалужених газопроводів. Розроблений обчислювальний алгоритм і програмне забезпечення для реалізації математичної моделі. Для перевірки адекватності математичної моделі за розробленою програмою виконані теплогідравлічні розрахунки модельного газопроводу при стаціонарному режимі перекачування газу. Одержані результати співставлені з результатами розрахунку стаціонарного руху газу за традиційною методикою. Порівняння засвідчило, що різниця результатів розрахунків за двома методиками не перевищує 1 %, що є одним із свідчень адекватності запропонованих математичних моделей. Із використанням даних експлуатації розподільних газопроводів УМГ «Харківтрансгаз», дослідження закономірностей нестационарних режимів роботи модельного газопроводу проведені для відносно малого 5 %, середнього 10 % і значного 20 % (від витрати газу у магістралі) шляхового відбору газу. Аналогічні дослідження виконані при зазначених вище величинах шляхового підкачування газу. Результати досліджень нестационарних режимів роботи модельного газопроводу оформлені у вигляді діаграм і графіків, приклади яких зображені на рис.1 і рис. 2.

Дослідження засвідчили, що імпульс зміни масової витрати газу у точці шляхового відбору чи підкачування суттєво впливає на характер зміни режимних параметрів як у часі, так і по довжині розгалуженого газопроводу. Характер змін режимних параметрів суттєво залежить від місця розташування відводу на трасі газопроводу. На початку нестационарного процесу зміни у часі кожного із параметрів значні. Далі, розпочинаючи з певного значення часу, що залежить від величини шляхового відбору чи підкачування газу, параметри термогазодинамічного режиму газопроводу стабілізуються, наближаючись до значень, що відповідають новому квазістаціонарному режиму роботи газопроводу зі зміненою масовою витратою газу після точки під'єднання відводу.

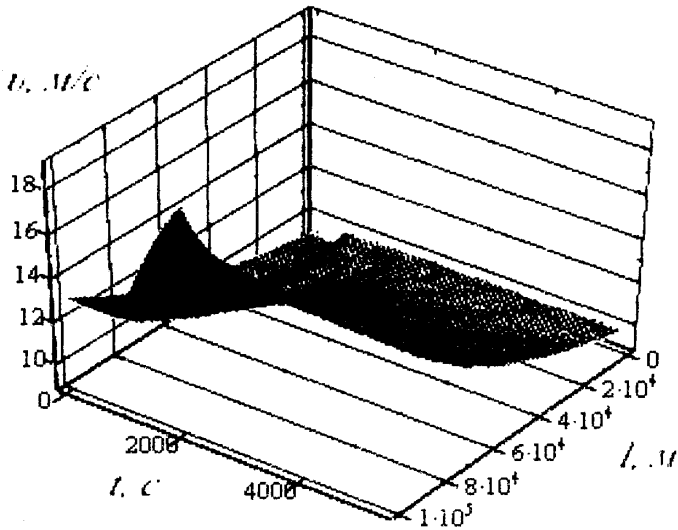


Рис.1. Діаграма зміни швидкості газу при підкачуванні 20 % газу

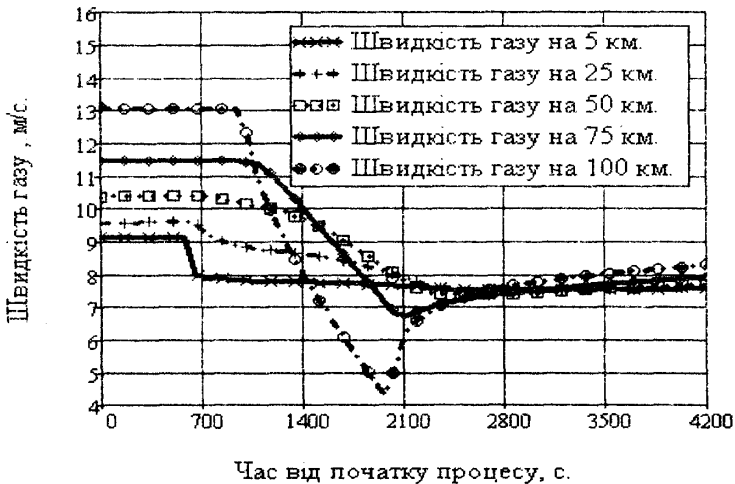


Рис. 2. Зміна швидкості руху газу у часі при відборі 20 % газу

Час стабілізації нестационарного процесу і максимальна амплітуда зміни режимних параметрів залежить від величини збурення - частки шляхового відбору чи підкачування газу. За даними досліджень визначений критерій нестационарності у формі, запропонованій Грудзом В.Я., який враховує особливості розгалужених га-



зопроводів. Результати досліджень виражені у вигляді залежності значення критерію нестационарності від частки шляхового відбору або підкачування газу (рис.3).

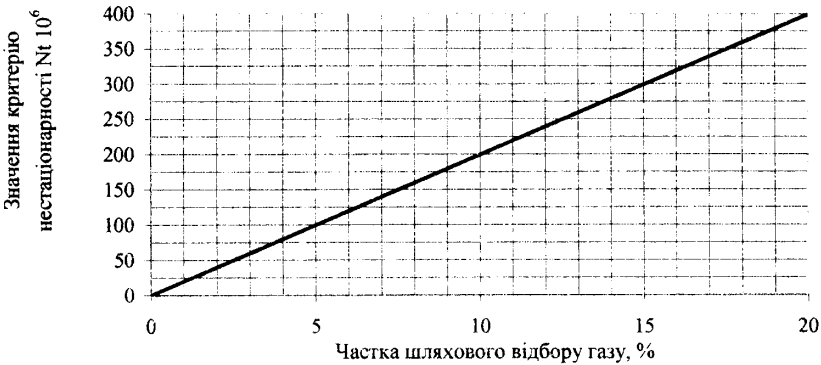


Рис. 3. Залежність критерію нестационарності від частки шляхового відбору газу

Використовуючи графічні залежності та їх узагальнення у вигляді критерію нестационарності, можна достовірно прогнозувати тривалість нестационарних процесів при відборах або підкачуваннях газу в розподільних газопроводах.

Як зазначалося вище, одним із поширених елементів геометричної складності ГТС України є наявність паралельно прокладених ниток газопроводів, між якими є перемички. При відкритті перемички (запірної арматури на перемичці) нитки газопроводів утворюють спільну газодинамічну систему. При цьому виникають нестационарні процеси, що характеризуються змінами по довжині ниток газопроводу та у часі масової витрати газу, тиску і температури. Розроблена математична модель нестационарних процесів на ділянці розгалуженого газопроводу цілком придатна для опису аналогічних термогазодинамічних процесів на ділянках кільканиткового газопроводу. Внесені зміни у систему рівнянь, що дало можливість адаптувати її для математичного моделювання нестационарних процесів у міжниткових перемичках. Шляхом розв'язування системи базових рівнянь одержана математична модель для коефіцієнта Джоуля-Томсона, яка дає змогу на 15 % уточнити значення зазначеного коефіцієнта. Її використання передбачаємо при розв'язуванні системи рівнянь, що описують як нестационарний, так і стаціонарний рух газу у перемичці.

Результати досліджень засвідчили, що для кільканиткових та розгалужених газопроводів у випадках зміни схем їх роботи або завантаження через 30-90 хвилин процес перекачування газу практично стабілізується, і параметри його руху можна визначати за рівняннями стаціонарного руху газу.

Розроблена стаціонарна математична модель розподілу потоків у кільканитковому газопроводі з урахуванням газодинамічної взаємодії ниток, сезонних чинників та енергетичних ресурсів ГПА КС. Об'єктом моделювання є кільканиткові ГТС, КС яких оснащені повнонапірними відцентровими нагнітачами (ВН) з газотурбінними

установками (ГТУ). Математична модель включає такі елементи: блок математичного моделювання фізичних властивостей газу; блок математичного моделювання наявної потужності ГТУ ГПА; блок математичного моделювання характеристик ВН; блок математичного моделювання режиму роботи ГПА; блок математичного моделювання витрат газу на власні потреби та блок математичного моделювання теплогідравлічного режиму роботи ділянки газопроводу. Розраховані параметри режиму роботи КС перевіряються на виконання таких технологічних обмежень: тиск газу на нагнітанні не повинен перевищувати максимально допустимого значення; зведена продуктивність ВН за умов на його вході повинна бути більша за мінімальне значення, яке забезпечує роботу ВН без помпажа; потужність, спожита ВН, не може перевищувати наявну потужність ГТУ. При порушенні будь-якої із зазначених умов передбачається вимушене регулювання режиму роботи шляхом зменшення обертової частоти ВН.

В основу математичної моделі розподілу потоків у кільканитковому газопроводі окрім математичних моделей, наведених вище, покладені рівняння балансу обсягів газу та енергії для кожної характерної точки складної трубопровідної системи. Наприклад, рівняння балансу газу на початку  $i$ -ого перегону  $n$ -ниткового газопроводу при роботі з відкритими перемичками на вході КС має вигляд

$$\sum_{j=1}^n Q_{(i-1)j} = \sum_{j=1}^n Q_{ij}^{KC} + \sum_{j=1}^n Q_{ij}^{en}, \quad (1)$$

де  $Q_{(i-1)j}$  - витрата газу на  $j$ -ій нитці  $(i-1)$ -ого перегону;  $Q_{ij}^{KC}$  - витрата газу через нагнітачі  $i$ -ої КС на  $j$ -ій нитці газопроводу;  $Q_{ij}^{en}$  - витрата газу на власні потреби  $i$ -ої КС на  $j$ -ій нитці газопроводу.

Розроблена також математична модель розподілу потоків у розгалужених газопроводах з урахуванням сезонних змін умов перекачування та споживання газу. Об'єктом моделювання є одноступеневий розгалужений газотранспортний система з довільною кількістю ділянок, КС якої оснащені різними типами ГПА. На будь-якій ділянці магістрального газопроводу може передбачатися довільна кількість відгалужень і відводів. Особливість розгалуженого газопроводу полягає у тому, що його можливості щодо обсягів подачі газу по кожному відводу повинні бути не менші від потреб шляхових споживачів. Останні змінюються за певними законами протягом доби по годинах, протягом місяця по днях і протягом року по місяцях

$$Q_{vij}(t) \geq Q_{cvijk}(t), \quad (2)$$

де  $Q_{vij}$  - витрата газу на  $k$ -ому відводі  $j$ -ого відгалуження від  $i$ -ої ділянки магістрального газопроводу;  $Q_{cvijk}(t)$  - витрата газу споживачем, що розміщений у кінці  $k$ -ого відводу  $j$ -ого відгалуження від  $i$ -ої ділянки газопроводу - функція часу.

Іншими параметрами роботи розгалуженого газопроводу, які підлягають постійному контролю і керуванню, є тиски газу у кінці відводів. Ці тиски повинні бути не менші за значення, що забезпечують надійну роботу регуляторів тиску на ГРС. Шляхом ув'язування характеристик регуляторів тиску і споживачів газу одержана закономірність зміни мінімально допустимого тиску на вході ГРС як функція часу

$$P_{\text{exmin}}(t) = \frac{\sqrt{\rho_n T_{\text{ex}}}}{k_{\text{np}} k_{\text{вн}}} Q(t), \quad (3)$$

де  $\rho_n$  - густина газу за нормальних умов;  $T_{\text{ex}}$  - температура газу на вході регулятора тиску (у кінці відводу);  $k_{\text{вн}}$  - номінальне значення коефіцієнта пропускної здатності регулятора тиску;  $k_{\text{np}}$  - коефіцієнт, що залежить від вибору одиниць вимірювання;  $Q(t)$  - необхідна витрата газу шляхового споживача – функція часу.

Для кожного моменту часу фактичні тиски газу у кінці відводів повинні бути не менші за мінімально допустимі тиски на вході ГРС. У той же час, якщо фактичні тиски газу у кінці відводів значно перевищують мінімально допустимі величини, то це свідчить про наявність надлишкових ресурсів енергії газу. Цю енергію газу доцільно утилізувати тим чи іншим способом, що підвищить загалом ефективність роботи ГТС. Конкретні рекомендації щодо утилізації надлишкових ресурсів тиску газу у кінці відводів наведені нижче.

Одним із часткових випадків розгалуженого газопроводу є магістральний газопровід, який за допомогою підвідного газопроводу зв'язаний із ПСГ. Об'єктом математичного моделювання є система газопровід - ПСГ, КС якого оснащена як ВН, так і газомотокомпресорами (ГМК). Для можливості використання в обчислювальних алгоритмах удосконалений метод математичного моделювання завантажувальних кривих ГМК. На відміну від існуючих методик, для опису залежності ступеня підвищення тиску газу  $\varepsilon$  і питомої індикаторної потужності  $N_i$  від об'ємної подачі одного компресорного циліндра за умов на його вході  $Q_{\text{вс}}$  пропонуються тричленні поліноми

$$\varepsilon = a_1 + a_2 Q_{\text{вс}} + a_3 Q_{\text{вс}}^2, \quad N_i = c_1 + c_2 Q_{\text{вс}} + c_3 Q_{\text{вс}}^2, \quad (4)$$

де  $a_i, c_i$  - коефіцієнти математичних моделей, які визначаються методом найменших квадратів шляхом обробки завантажувальних кривих ГМК.

Розрахунки, проведені для реальних ГТС, засвідчили, що запропонована методика дає змогу достовірно прогнозувати режимні та енергетичні параметри спільної роботи магістрального газопроводу і ПСГ як газодинамічної системи з урахуванням сезонних змін умов перекачування і споживання газу.

**Третій розділ** присвячений дослідному виявленню закономірностей сезонних змін параметрів роботи розподільних газопроводів. Математична модель розгалуженого газопроводу, розроблена у розділі 2, передбачає безпосереднє ув'язування характеристик шляхових споживачів газу з режимними параметрами експлуатації розподільних газопроводів. Для реалізації зазначеної моделі необхідно знати, насамперед, закономірності зміни обсягів споживання газу шляховими споживачами у часі протягом місяця року. Іншим параметром роботи, який підлягає прогнозуванню, є тиск газу у кінці відводів. Він визначає надлишковий ресурс енергії газу, який не можна безпосередньо використати на транспортування газу, але можна тим чи іншим способом перетворити в іншу форму енергії, зменшивши у цілому енерговитратність процесу газопостачання. З метою виявлення сезонних закономірностей зміни обсягів споживання газу і тисків у кінці відводів нами проведені промислові

експерименти на розподільних газопроводах, що експлуатуються УМГ «Харківтрансгаз». Для низки шляхових споживачів (ГПС) зібрані статистичні дані про обсяги споживання газу, величину тиску і температуру газу у кінці відводів, а також дані про температурні умови навколишнього середовища. Дослідження довели, що сезонну закономірність зміни обсягів споживання газу на ГПС достовірно можна описати поліноміальною моделлю. Наприклад, для ГПС №1 одержана така аналітична залежність:

$$Q_N = 1428 - 192,7 \cdot N - 17,14 \cdot N^2 + 2,717 \cdot N^3, \quad (5)$$

де  $Q_N$  - обсяг споживання газу протягом  $N$ -ого місяця року, тис.м<sup>3</sup>,  $N$  - номер місяця у році.

Важливим з точки зору експлуатації розподільних газопроводів є дослідження добової нерівномірності споживання газу. Аналіз досліджень засвідчив, що відношення максимального добового до мінімального добового споживання газу найменше для зимових місяців року і максимальне для весняно-осіннього сезону, досягаючи значення  $k_{доб} = 6$ . З метою математичного моделювання добової нерівномірності газоспоживання обґрунтований вигляд регресійних моделей. З урахуванням специфіки фізичних процесів використання газу можна прогнозувати, що під час опалювального сезону витрати газу в населених пунктах визначаються у першу чергу температурою навколишнього повітря. Запропонована методика обробки даних промислового експерименту передбачає фільтрування явно помилкових значень. Описаний алгоритм реалізований у програмі «GRS», яка дає змогу для будь-якої вибірки експериментальних даних визначити коефіцієнти математичної моделі регресії і побудувати графічні та аналітичні залежності. Наприклад, для ГПС № 1 (рис. 4) одержана така залежність добової витрати газу (м<sup>3</sup>) від середньодобової температури повітря (°C)

$$Q = 33874 - 1325 \cdot t_{нов}. \quad (6)$$

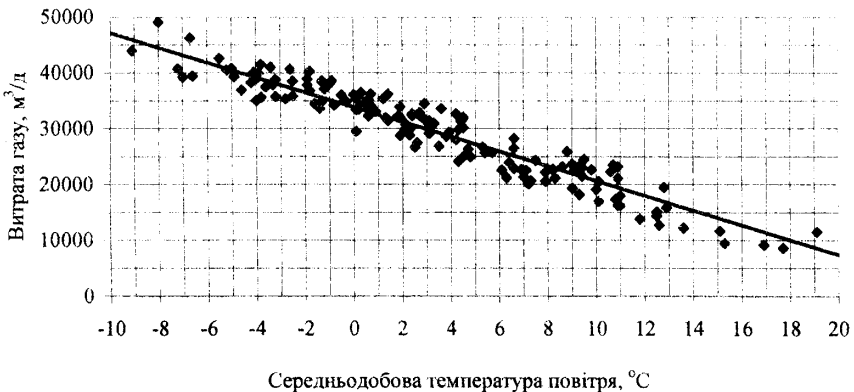


Рис. 4. Результати математичного моделювання залежності добової витрати газу на ГПС № 1 від середньодобової температури повітря за опалювальний сезон

Аналогічно за результатами промислового експерименту розроблені лінійні регресійні моделі залежності тиску  $P_k$  і температури газу  $t_k$  у кінці відводів від середньодобової температури повітря для низки розподільних газопроводів УМГ «Харківтрансгаз». Для всіх запропонованих математичних моделей коефіцієнт кореляції перевищує 0,9, що свідчить про їх достатню адекватність і можливість застосування для прогнозування режимів роботи розподільних газопроводів.

**Четвертий розділ** містить результати практичної реалізації розроблених математичних моделей розподілу потоків газу у кільканиткових та розгалужених газопроводах. Математична модель кільканиткового газопроводу з урахуванням газодинамічної взаємодії ниток реалізована в обчислювальному алгоритмі та програмному забезпеченні. Пропускна здатність кільканиткового газопроводу знаходиться методом ітерацій. Зовнішній цикл ітерацій формується по витраті газу через нагнітачі першої КС. Внутрішні цикли ітерацій формуються по кількості обертів ВН з метою виконання технологічних обмежень, а також по витраті газу у нитках і на КС з метою виконання рівнянь матеріального та енергетичного балансів у кожній точці знаходження відкритої міжниткової перемички. У результаті знаходиться максимальна кількість газу, яка може бути транспортована кільканитковим газопроводом за будь-якої комбінації відкритих перемичок як на ділянках, так і на вході і виході КС з урахуванням сезонних чинників та енергетичних можливостей ГПА КС. Енергетичні можливості КС враховуються шляхом співставлення потужності, спожитої ВН і наявної потужності приводу. Остання, як свідчать дослідження, суттєво залежить від сезонних чинників. Розроблений обчислювальний алгоритм реалізований у програмі GasPipes за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування Delphi під операційну систему Windows. Програма дає змогу визначати пропускну здатність і енерговитратність для кільканиткових ГТС з будь-якою кількістю паралельних ниток і ділянок між КС. Розрахунки виконуються за автономної роботи ниток і за будь-якої комбінації відкритих міжниткових перемичок. З метою апробації розробок виконані багатоваріантні розрахунки пропускну здатності та енерговитратності роботи трьох паралельних транзитних газопроводів "Союз", Уренгой-Помари-Ужгород (УПУ) та "Прогрес" на ділянці КС Бар-КС Богородчани. Для цього за даними УМГ "Черкаситрансгаз" і УМГ "Прикарпаттрансгаз" узагальнені характеристики лінійної частини газопроводів та технічні характеристики ГПА шести КС. Розрахункова схема триниткової ГТС наведена на рис. 5.

Дослідження засвідчили, що більш ефективним заходом збільшення сумарної пропускну здатності кільканиткової ГТС за умови неповного завантаження деяких із ниток є робота з відкритими перемичками на вході і виході КС.

Для кожного варіанта завантаження ниток газопроводів за допомогою розробленої методології можна виявити такі комбінації відкритих перемичок на вході і виході КС, які відповідають максимальній пропускну здатності та мінімальній енерговитратності ГТС. Максимальне зростання пропускну здатності триниткової ділянки ГТС при оптимальній комбінації відкритих перемичок при цьому досягає 9 млн.м<sup>3</sup>/д (рис.6).

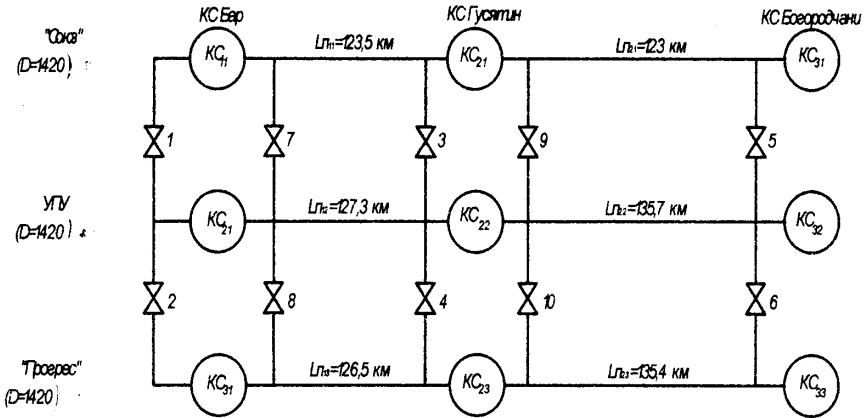


Рис.5. Розрахункова схема триниткової ГТС на ділянці КС Бар-КС Богородчани з міжнитковими перемичками

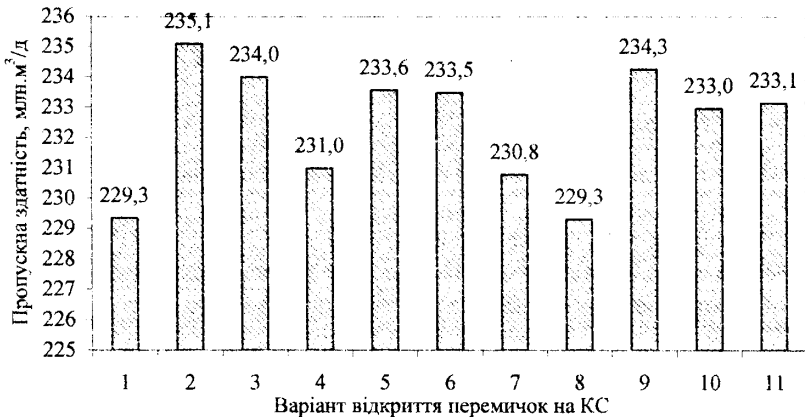


Рис.6. Залежність пропускної здатності триниткової ГТС на ділянці КС Бар-КС Богородчани від варіанта відкриття перемичок на вході і виході КС (неповне завантаження однієї з ниток)

П'ятий розділ містить комплекс методів і технічних пристроїв, скерованих на підвищення гідравлічної ефективності та зменшення енерговитратності ГТС. Теоретичні та експериментальні дослідження, виконані нами у розділах 2-4, довели, що складна конфігурація газопроводів призводить до того, що у певних елементах ГТС виникають надлишки енергії у вигляді тиску газу, який неможливо використати безпосередньо на транспортування газу. У першу чергу це стосується розгалужених газопроводів. Як засвідчили результати промислового експерименту, наведені у



розділі 3, величина надлишкових ресурсів тиску газу у кінці відводів може досягати від 2 до 5 МПа залежно від місця знаходження відводу на трасі, його геометричних параметрів та режиму роботи. Це значний резерв енергії, яку створили ГПА КС магістрального газопроводу, споживши паливний газ. Для підвищення ефективності роботи ГТС доцільно використати цей запас енергії, перетворивши її на той чи інший вид енергії. Енерговитратність ГТС також суттєво залежить від стану порожнини труби, що характеризується величиною шорсткості, а також від наявності гідратних та інших скупчень. Вплив зазначених чинників на пропускну здатність та гідравлічну енерговитратність характеризує коефіцієнт гідравлічної ефективності газопроводів. Підтримання цього коефіцієнта на рівні, близькому до одиниці – одне із важливих завдань при експлуатації ГТС. Аналізуючи схему енергетичного балансу ГТС, можна відзначити незамкнутість енергетичної системи в цілому. З метою оптимізації енергетичного балансу ГТС пропонується метод, суть його полягає у частковому закільцюванні енергосистеми для об'єктів компресорна станція – лінійна ділянка - газорозподільна станція (КС-ЛД-ГРС). Холод від регуляторів тиску ГРС можна використовувати на охолодження газу на виході КС влітку, а тепло газу на виході КС можна застосовувати на підігрів газу на ГРС взимку. Технічна реалізація даного методу можлива з використанням існуючої мережі електропостачання та наявних конструкцій теплообмінників. Як двонаправлений теплоелектричний перетворювач пропонуємо використовувати елементи Палет'є. Реконструкція полягає в закріпленні плиток елементів Палет'є на теплообмінниках і підключенні їх через перетворювачі напруги до мережі електропостачання. Розрахунок показав, що очікуваний економічний ефект від впровадження методу оптимізації енергобалансу ГТС України становить 156 млн. грн/рік. Слід відзначити, що запропонований метод оптимізації енергобалансу ГТС не тільки дає значну економію енергоресурсів, але і має помітний екологічний ефект за рахунок зменшення обсягів викидів продуктів згорання вуглеводнів в атмосферу.

Методом математичного моделювання кількісно оцінено вплив шорсткості внутрішньої поверхні труб на енерговитратність трубопровідного транспорту газу. Дослідження проведено для модельного газопроводу з внутрішніми діаметрами, які відповідають набору стандартних зовнішніх діаметрів газопровідних труб. Діапазон зміни абсолютної еквівалентної шорсткості труб при дослідженнях приймався від 0,1 мм до 0,005 мм. Розрахунок проводився методом ітерацій за розробленою програмою GAZLAM. Визначалась відносна зміна гідравлічної енерговитратності перекачування газу модельним газопроводом. Аналіз результатів досліджень засвідчив, що за умови повного завантаження газопроводів відносна зміна енерговитратності перекачування газу у трубі з певною, відмінною від номінального значення, абсолютною еквівалентною шорсткістю, практично не залежить від діаметра. Методом найменших квадратів одержана узагальнена поліноміальна залежність відносної зміни енерговитратності перекачування газу (відсотки) від величини абсолютної еквівалентної шорсткості труб (мм)

$$\gamma = 74226 \cdot k_e^3 - 15201 \cdot k_e^2 + 1703 \cdot k_e - 39,5. \quad (7)$$

Формула (7) дає змогу прогнозувати енерговитратність перекачування газу газопроводом будь-якого діаметра за абсолютної еквівалентної шорсткості, що не відповідає номінальному значенню. Крім того, дана залежність дає змогу кількісно оцінити ефективність будь-яких заходів, скерованих на зменшення шорсткості внутрішньої поверхні труб. Насамперед це стосується використання спеціальних гладких покриттів внутрішньої поверхні труб.

Одним із перспективних напрямків утилізації надлишків енергії газу є використання когенераційних пристроїв. Запропонований спосіб використання надлишкової енергії газу у кінці відводів розгалужених газопроводів, який не потребує значних інвестицій і в той же час забезпечить помітне зменшення енерговитратності транспортування газу. Спосіб утилізації енергії газу базується на використанні каталітичного насоса. Принцип його дії полягає в послідовній активації поміщених у потік феромагнітних і каталітичних часток встановленими уздовж трубопроводу електричними обмотками. Як аналог використана конструкція каталітичного насоса, в яку внесено низку конструктивних змін та доповнень для адаптації до умов газопостачання. Після зміни напрямку фаз обмоток одержується керований регулятор тиску нового типу з одночасним підігрівом газу. Оскільки в пристрої немає механічних деталей і деталей складної геометрії, то надійність роботи пристрою дуже висока. На вході ГРС пропонується встановити оригінальний електрогенератор, після нього за рухом потоку газу - каталітичний насос, а трифазну напругу подавати через реостат із першого пристрою на другий. У результаті сформується енергетично самодостатній керований автоматичний регулятор тиску (ЕСКАРД). Застосування його на ГРС дає змогу утилізувати резерви енергії газу і тим самим зменшити енерговитрати ГТС.

Запропонований також ефективний спосіб використання надлишкових ресурсів тиску газу в кінці відводів для підігрівання газу на ГРС. Розроблена оригінальна конструкція трансформатора потенціальної енергії потоку у теплову енергію. Трансформатор із нагрівальними елементами містить додатково вихрову трубу з патрубками виходу гарячого і холодного потоків газу та теплообмінник. Нагрівальні елементи виконані у вигляді магнітних роликів та магнітної обмотки, які утворюють магнітне гальмо, причому магнітні ролики розташовані всередині вихрової труби, а магнітні обмотки встановлені на зовнішній поверхні труби. Патрубки вихрової труби трубопроводами з'єднані з теплообмінником, а теплообмінник має патрубок виходу підігрітого газу. Принцип дії і конструктивні особливості теплообмінника нового типу захищені патентом.

Результати дисертаційної роботи у вигляді пакета методик та програмних продуктів передані для використання в УМГ «Черкаситрансгаз». Очікуваний економічний ефект від впровадження розробок для триниткового газопроводу на ділянці КС Бар – КС Богородчани становить 151 тис. грн/рік. Рекомендації щодо використання надлишкових ресурсів тиску у кінці відводів розподільних газопроводів передані для впровадження в УМГ «Харківтрансгаз». Очікуваний економічний ефект від впровадження розробок для двох ГРС становить 15 тис. грн/рік.

## ВИСНОВКИ

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень вирішена наукова задача встановлення взаємозв'язку між особливостями геометричної структури газопроводів, закономірностями термогазодинамічних процесів перекачування газу, особливостями впливу сезонних чинників та витратами енергії на транспортування; запропонований комплекс методів і пристроїв для зменшення енерговитратності трубопровідного транспорту газу, а саме:

1 Методом математичного моделювання встановлений взаємозв'язок між величиною шляхових відборів і підкачувань газу та тривалістю стабілізації нестационарного процесу і величиною амплітуди змін режимних параметрів. Виявлено, що при змінах витрати газу у магістралі до 20 % час стабілізації режиму роботи не перевищує 90 хв.

2 Шляхом реалізації математичної моделі розподілу потоків газу в кільканиткових газопроводах з урахуванням газодинамічної взаємодії ниток, сезонних чинників та енергетичних можливостей ГПА КС одержано, що для міжниткових перемичок максимальний час стабілізації режимних параметрів не перевищує 30 хв.

3 Експериментальним шляхом виявлено, що для шляхових споживачів (ГРС) основним чинником, що визначає обсяги споживання газу, є середньодобова температура повітря. Одержані аналітичні залежності обсягів споживання газу, тиску і температури газу у кінці відводів від температури навколишнього середовища, які дають можливість достовірно прогнозувати режими роботи розподільних газопроводів. Виявлено, що у кінці відводів величина надлишкового, з точки зору транспортування, тиску газу становить 2-5 МПа.

4 Доведений значний вплив міжниткових перемичок на режим роботи та енерговитратність експлуатації кільканиткових газопроводів. Виявлено, що більш ефективним заходом збільшення пропускної здатності та зменшення енерговитратності ГТС є робота з відкритими перемичками на вході і виході КС. Максимальне зростання пропускної здатності системи при цьому досягає 10 %.

5 На базі запропонованої стратегії переоснащення ГТС розроблений комплекс методів і заходів зменшення енерговитратності транспортування газу. Встановлено, що при заміні старих труб із підвищеною шорсткістю  $k_e = 0,1$  мм на труби з внутрішнім покриттям шорсткістю  $k_e = 0,005$  мм втрати тиску від тертя зменшуються на 80 %. Застосування на ГРС запропонованих автором нових конструкцій регулятора тиску і теплообмінника, захищених патентами, дають змогу ефективно використати надлишкові ресурси тиску у кінці відводів, що призводить до помітного зменшення енерговитратності газопостачання.

### Основний зміст роботи опубліковано у таких працях:

1. Фик М. І. Визначення допустимих режимів транспортування газу у газопроводі - відгалуженні для попередження гідратуотворень / М. І. Фик // Нафтова і газова промисловість. -- 2001. -- №5. -- С. 22-23.

2. Фик М.І. Енергетично самодостатній керований автоматичний регулятор тиску ГРС/ М.І. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 5. – С. 36-37.

3. Середюк М.Д. Визначення пропускної здатності кільканиткового газопроводу при роботі з відкритими перемичками на ділянках / М.Д. Середюк, А.І. Ксеніч, М.І. Фик // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2006. – № 1(13). – С.75-82.

4. Середюк М.Д. Визначення пропускної здатності кільканиткового газопроводу при роботі з відкритими перемичками на вході і виході КС / М.Д. Середюк, А.І. Ксеніч, М.І. Фик // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2006. – № 2(14). – С.110-118.

5. Фик М.І. Визначення пропускної здатності газотранспортних систем розгалуженої структури / М.І. Фик, М.Д. Середюк, М.П. Андрійшин // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2007. – № 1(15). – С. 94-98.

6. Фик М.І. Визначення пропускної здатності магістрального газопроводу з урахуванням роботи підземного сховища газу / М.І. Фик, М.Д. Середюк // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2007. – № 2(16). – С. 91-98.

7. Фик М.І. Спрощена система газодинамічних рівнянь математичної моделі одониткової лінійної ділянки газопроводу/ М. І. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2007. – № 6. – С. 39-43.

8. Фик М.І. До питання розрахування газодинамічних параметрів потоку газу в міжнитковій перемичці магістрального газопроводу/ М.І. Фик // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 4(29). – С.80-82.

9. Фик І.М. До питання вибору базових стратегій технічного переозброєння газотранспортних підприємств з енергетичної точки зору / І.М. Фик, М.І. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 6. – С. 47-50.

10. Фик М.І. Аспекти застосування сучасних гладких покриттів у вітчизняній ГТС високого тиску/ М.І. Фик // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2009. – № 1(30). – С.103-107.

11. Пат. 57961 Україна. 7G01N22/04. Датчик вмісту кристалогідратів в рухомій газоподібній суміші/ Фик М.І., заявник і патентовласник Фик М.І. – № 2002032501: заявл. 29.03.2002, опубл. 15.07.2003. Бюл. № 7.

12. Пат. 32349 Україна. МПК(2006), F16L53/00, F17D1/00, FO1K23/00. Трансформатор потенційної енергії потоку у теплову енергію /Фик І.М. Клюк Б.О., Фик М.І., заявник і патентовласник ДК «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України». – № 200800270: заявл. 08.01.2008, опубл. 12.05.2008. Бюл. № 9.

13. Пат. 43208 Україна. МПК(2009), F16L53/00, F17D1/00. Трансформатор потенційної енергії потоку у теплову енергію/ Фик І. М., Собчук М. П., Фик М. І., заявники і патентовласники Фик І. М., Собчук М. П., Фик М. І. – №200901674: заявл. 26.02.2009. Бюл. № 15.

ники і патентовласники Фик І. М., Собчук М. П., Фик М. І. – №200901674: заявл. 26.02.2009. Бюл. № 15.

## АНОТАЦІЯ

Фик М. І. – Зменшення енерговитрат газотранспортних систем з урахуванням сезонних чинників. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 - Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2010.

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень виявлений взаємозв'язок між особливостями геометричної структури газопроводів, закономірностями термогазодинамічних процесів руху газу, особливостями впливу сезонних чинників та енерговитратністю транспортування газу; запропонований комплекс методів і технічних пристроїв енергозбереження в трубопровідному транспорті газу.

Методом математичного моделювання встановлений взаємозв'язок між величиною шляхових відборів і підкачувань газу та тривалістю стабілізації нестационарного процесу і величиною амплітуди змін режимних параметрів. Виявлено, що у кінці відводів величина надлишкового з точки зору транспортування тиску газу становить від 2 до 5 МПа. Доведений значний вплив міжниткових перемичок на пропускну здатність, режимні параметри та енерговитратність експлуатації кільканиткових газопроводів.

Розроблено стратегію переоснащення ГТС з точки зору енергозбереження. Показано, що застосування на ГРС запропонованих автором регулятора тиску і теплового насоса, конструкції яких захищені патентами, дають змогу ефективно використати надлишкові ресурси тиску у кінці відводів, що призводить до помітного зменшення енерговитратності газопостачання.

Ключові слова: газотранспортна система, компресорна станція, газопровід, енерговитратність, тепловий насос, газоспоживання.

## АННОТАЦИЯ

Фик М. И. – Уменьшение энергозатрат газотранспортных систем с учетом сезонных факторов. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.13 - Трубопроводный транспорт, нефтегазохранилища. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа. - Ивано-Франковск, 2010.

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка использованных литературных источников и приложений.

В первом разделе приведен анализ работ по вопросам прогнозирования пропускной способности и уменьшения энергозатрат при эксплуатации газотранспортной

факторов. Сделано обобщение способов технического перевооружения ГТС и разработана концептуальная схема ресурсоэнергосберегающих мероприятий.

Второй раздел посвящен исследованиям особенностей термогазодинамических процессов в разветвленных и многониточных газопроводах. Методом математического моделирования установлена взаимосвязь между величиной попутных отборов и подкачек газа и продолжительностью стабилизации нестационарного процесса, а также амплитудой изменения режимных параметров работы разветвленных газопроводов. Получены графические зависимости изменения массового расхода, давления и температуры газа во времени и по длине разветвленного газопровода. Предложен критерий нестационарности, учитывающий особенности термогазодинамических процессов транспортировки газа в разветвленных и многониточных газопроводах. Установлено, что максимальное время стабилизации нестационарного режима составляет 90 мин для участка разветвленного газопровода и 30 мин для междуниточной перемычки.

Третий раздел содержит результаты промышленного эксперимента с целью выявления закономерностей сезонных изменений режимов работы распределительных газопроводов. Путем обработки экспериментальных данных эксплуатации ряда газораспределительных станций УМГ «Харьковтрансгаз» получены аналитические зависимости объемов потребления газа, давления и температуры газа в конце отводов от среднесуточной температуры окружающей среды за отопительный сезон. Регрессионные модели позволяют достоверно прогнозировать режимы работы распределительных газопроводов, учитывая потребности путевых потребителей газа. Получено, что в конце отводов величина избыточного с точки зрения транспортировки давления газа составляет 2-5 МПа.

Четвертый раздел содержит результаты реализации математических моделей в вычислительных алгоритмах и программном обеспечении. Разработана методика и программное обеспечение для прогнозирования распределения потоков газа в многониточных ГТС с учетом различных комбинаций открытых перемычек как на линейных участках, так и на входе и выходе компрессорных станций. Выполнена апробация разработок путем проведения многовариантных расчетов пропускной способности и энергозатрат трехниточной ГТС на участке КС Бар-КС Богородчаны для различных комбинаций открытых междуниточных перемычек. Доказано значительное влияние междуниточных перемычек на режимные параметры, распределение потоков газа и энергозатраты при эксплуатации ГТС. Выявлено, что более эффективным способом увеличения пропускной способности системы при условии неполной загрузки некоторых ниток является работа с открытыми перемычками на входе и выходе КС.

Пятый раздел посвящен разработке методов и технических устройств, направленных на уменьшение энергозатрат в трубопроводном транспорте газа. Предложен метод энергобалансирования активных элементов ГТС, предусматривающий утилизацию избыточных ресурсов давления в конце отводов распределительных газопроводов, а также использование природных тепловых потенциалов. Разработан метод оценки влияния шероховатости внутренней поверхности труб, отличающейся от номинальной, на гидравлическое сопротивление газопровода. Применение на



ГРС предложенных автором регулятора давления и теплового насоса, конструкции которых защищены патентами, позволяют эффективно использовать излишки давления газа в конце отводов, что приводит к заметному уменьшению энергозатрат при газоснабжении.

Методики расчета и компьютерные программы переданы для использования в УМГ «Черкасытрансгаз». Ожидаемый экономический эффект от их внедрения составляет 151 тыс. грн/год. Рекомендации по использованию избыточных ресурсов давления газа а конце отводов распределительных газопроводов переданы для внедрения а УМГ «Харьковтрансгаз». Ожидаемый экономический эффект от их внедрения для двух ГРС составляет 15 тыс. грн/год.

Ключевые слова: газотранспортная система, компрессорная станция, газопровод, энергозатраты, тепловой насос, газопотребление.

#### ANNOTATION

Fyk Mykhailo Illich - Reducing of power inputs of gas transmission systems taking into consideration of seasonal factors. – The manuscript.

The thesis for gaining the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences according by speciality 05.15.13 – Pipeline Transport, Oil and Gas Storage. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2010.

In the thesis the interconnection has been theoretically and experimentally investigated between the peculiarities of hermetic structure of gas pipelines, regularities of thermal gas -dynamic processes of gas pipeline transportation, peculiarities of season factors influence and power inputs for gas transportation. Complex of methods and means has been offered to save energy in gas pipeline transportation.

By the method of mathematical modeling the interrelation has been determined between the value of pipe lines as well as gas relief pumping and duration of the non-stationary process stabilization and the value of the variation amplitude of operation parameters to the gas transport system with complex network structure. These dependences give the possibility to make a reliable forecast of the operation modes for distribution gas pipelines. It has been proved that interline webs have considerable influence on the flow rate, operation parameters and power inputs during exploitation of gas pipeline with several lines. It has been determined that under the conditions of partial load of some lines of main pipelines the most effective method is to work with open webs (valves) on the inlet and outlet of compressor station.

In the work the strategy has been developed devoted to the retrofitting of the gas transport system from the energy saving viewpoint, taking into consideration modern technical and economic state of gas transmission system in Ukraine. The main idea of the strategy is energy balancing of active elements with thermal discharge of opposite signs.

The application of the proposed by the author new types of pressure controller and thermal pump on gas transport system, the construction of which is protected by the patents of Ukraine, enables the effective usage of excess pressure resources at the end of branch lines that leads to a considerable decrease of power inputs during gas supply process.

Keywords: gas transmissi  
gas supply process.



on, gas pipeline, thermal pump,