



ВІДГУК

офіційного опонента Банахевича Ю. В. на дисертаційну роботу Якиміва Миколи Мирославовича «Вдосконалення методів прогнозування гідравлічної ефективності газотранспортної системи», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

Дисертаційна робота Якиміва М.М. «Вдосконалення методів прогнозування гідравлічної ефективності газотранспортної системи» присвячена дослідженню використання методів математичного моделювання з метою прогнозування гідравлічної ефективності газотранспортної системи.

1. Актуальність теми.

На сьогоднішній день Україна має не тільки одну з найбільших по довжині газотранспортну систему, а й наскладнішу по своїй розгалуженості та складності завдань, які ставляться перед нею і які успішно реалізуються щодня. Слід відзначити, що гідравлічна ефективність згаданої газотранспортної системи, як і, звичайно, інших, відображає процес використання магістральних газопроводів з плином часу. Саме коефіцієнт гідравлічної ефективності можна вважати певною діагностичною характеристикою внутрішньої порожнини трубопроводу, яка ставиться у певну відповідність технічному стану лінійної частини газопроводу. Від величини значення цієї відповідності на певний момент часу й приймається технічне рішення про подальшу експлуатацію магістрального газопроводу чи переведення його в інший клас експлуатування, або до сфери обслуговування для проведення відновлювальних заходів. Тому, достовірність значення коефіцієнта гідравлічної ефективності в певній мірі може визначати стратегію подальшої експлуатації кожної окремої ділянки системи транспортування газу. Неадекватне числове значення коефіцієнта гідравлічної ефективності може призвести до передчасного прийняття

рішення про проведення заходів з очищення газопроводу з допомогою внутрішньо трубних снарядів, що, в свою чергу, може призвести до невиправданих втрат людських та матеріальних ресурсів оператора, або до експлуатації газопроводу з перевитратою паливного газу. Важливу увагу в цій роботі приділено часовому тренду коефіцієнта гідравлічної ефективності. При різкому падінні його числового значення слід терміново встановити його причину розрахунковим методом або шляхом додаткового використання спеціальних методів діагностики з метою запобігання виникненню аварійних ситуацій. Тому для операторів магістральних газопроводів дуже важливо і актуально бути впевненими в достовірності визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх новизна і достовірність.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими. Основні задачі дослідження відповідають меті роботи, яка полягає у проведенні досліджень процесів гідравлічної ефективності в газопроводах і газотранспортних системах, підвищенні точності і вірогідності прогнозування гідравлічного стану газотранспортної системи з урахуванням всіх видів витрати енергії на транспортування газу.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і задачі дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну цінність представленої роботи.

У першому розділі автором роботи проведено досить детальний аналіз газотранспортної системи України, гідравлічної ефективності магістральних газопроводів, які є в експлуатуванні на даний момент часу. Показано та проаналізовано причини зниження гідравлічної ефективності роботи магістральних газопроводів та методики її прогнозування, зроблено огляд режимів роботи газопроводів, на основі чого показано чому саме вибрано такі основні напрямки досліджень.

Магістральний газопровід з погляду газодинамічних процесів, що в ньому відбуваються, є складною системою. Велика протяжність лінійних ділянок призводить до того, що визначення кількості і розподіл по довжині рідини може розглядатися тільки як стохастичний процес. Тому складний процес руху рідкої і газової фази у детермінованій формі, практично не реалізований. В зв'язку з цим, визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності газопроводу навіть на підставі детермінованих математичних моделей слід розглядати як стохастичний процес, оскільки розрахунки спираються на статистичний початковий матеріал.

Результати теоретичних досліджень знайшли експериментальне підтвердження в умовах лабораторних і напівпромислових стендів. Проте, в практиці експлуатації реальних газопроводів, не дивлячись на задовільну подібність якісних показників і деяких кількісних співвідношень, є істотні розбіжності з експериментальними. Такі розбіжності 5 можуть бути пояснені тільки неврахуванням ряду чинників в реальних умовах, які або не піддаються точному визначенню, або не враховуються внаслідок спрощення моделі.

Процес старіння газопроводів неперервний і поступовий, в зв'язку з чим гідравлічна ефективність повинна знижуватися в часі. Це стосується як однопіткових газопроводів, так і складних газотранспортних систем. Причому на початковому етапі експлуатації спостерігається інтенсивне забруднення порожнини газопроводу, в зв'язку з чим гідравлічна ефективність різко падає. В подальшому настає динамічна рівновага між парами вологи і рідкою фазою в порожнині газопроводу, в зв'язку з чим темп падіння гідравлічної ефективності сповільнюється. Тому апіорі закон зміни гідравлічної ефективності в часі близький до експоненціального. Однак, на практиці замічено, що гідравлічна ефективність простих газопроводів майже строго підпорядкована цьому закону, а для систем газопроводів спостерігається періодичне зростання коефіцієнта гідравлічної ефективності в літній період і різке його падіння в зимовий (при загальній тенденції до зменшення в часі експлуатації).

Відмінність тренда коефіцієнта гідравлічної ефективності для газотранспортних систем пояснюється тим, що у зимовий період завантаження систем зростає, що приводить до перерозподілу рідини між паралельними нитками і до зниження гідравлічної ефективності. Подальше зниження продуктивності в весняний період приводить систему в рівноважний стан. Необхідно відзначити, що, якщо система складається з двох паралельних ниток однакового діаметру, то рідина завжди витісняється в нитку, ефективність якої нижча. Цей висновок, однак, не знайшов підтвердження в період експлуатації систем з повним завантаженням.

На основі аналізу літературних джерел з питань гідравлічної ефективності газопроводів і газотранспортних систем встановлено, що, не дивлячись на високий інтерес до проблеми, викликаний питаннями економії енергоресурсів на транспортування газу, ряд питань в літературі висвітлено не достатньо, що дозволило сформулювати і конкретизувати мету і задачі досліджень.

В другому розділі наведено результати дослідження впливу енерговтрат в потоці газу на гідравлічну ефективність газопроводів і складних систем.

На основі аналітичних досліджень та за результатами натурних вимірювань встановлено, що збільшення лінійної швидкості газового потоку призводить до збільшення гідравлічних втрат в місцевих опорах,

утворених пробками скупчень рідини, а отже, до зниження гідравлічної ефективності.

Коефіцієнт гідравлічної ефективності складної газотранспортної системи, що складається з кінцевого числа паралельних ниток із лупінгами і вставками, прийнято визначати відношенням пропускну здатності системи на даний момент експлуатації до її проектної (розрахункової) величини. У цьому плані розрахунки не викликають ніяких ускладнень. Проте в практиці експлуатації газотранспортних систем з метою оптимізації їх обслуговування потрібно визначити коефіцієнти гідравлічної ефективності не всієї системи в цілому, а кожної із паралельних ниток, що входять у систему, або ділянок цих ниток. У цьому плані виникають ускладнення, оскільки витрата газу вимірюється на практиці сумарною по всіх нитках системи, а для визначення коефіцієнтів ефективності кожній із ниток необхідно знати його розподіл між паралельними нитками. Відомо, що в паралельних системах газопроводів витрата між нитками розподіляється обернено пропорційно їх фактичному гідравлічному опору. Отже, для оцінки розподілу витрати між нитками необхідно знати фактичні значення коефіцієнтів гідравлічного опору кожної нитки, що є кінцевою метою визначення ефективності. Таким чином, задача визначення коефіцієнтів гідравлічної ефективності паралельних систем газопроводів є фактично нерозв'язною.

Аналізуючи рівняння стаціонарної течії газу в газопроводі шляхом нескладних перетворень можна одержати залежності, що зв'язують коефіцієнт гідравлічної ефективності системи в цілому з коефіцієнтами гідравлічної ефективності окремих її ділянок.

Зниження коефіцієнта ефективності при зростанні параметра Λ (критерій подібності процесів дисипації енергії), слід розглядати таким чином: із зростанням теплопередачі в навколишнє середовище (із збільшенням ступеня дисипації енергії) гідравлічна ефективність знижується. Очевидно, тепловтрати для різних газопроводів по різному впливають на гідравлічну ефективність, але тенденція зниження ефективності при збільшенні теплових втрат є загальною.

Така задача вирішена на основі математичного моделювання. Впровадження в практику запропонованих вдосконалень показало їх високу ефективність.

Третій розділ представленої роботи присвячено дослідженням розподілу рідинних відкладень в газопроводах.

Задача про дисперсію крапельної вологи по довжині ділянки газопроводу тісно пов'язана з дослідженнями характеру і кількості відкладень у порожнині газопроводу і їхні властивості.

Рух потоку газу і крапель рідини в горизонтальній трубі розглядається як взаємнопроникаючий рух двох середовищ. Рівняння руху і зберігання маси виписуються окремо для кожного середовища, при цьому враховується їхній динамічний вплив один на одного шляхом введення сил взаємодії. Передбачається, що усереднений рух потоку відбувається паралельно осі труби.

Порівняння тенденцій залежності обсягу рідинних відкладень в газопроводі, отриманих на основі аналітичних залежностей та фактичних даних свідчать про співпадіння їх характеру, в зв'язку з чим проведені аналітичні дослідження дозволили створити теоретичні засади процесу відкладання рідинних скупчень в порожнині газопроводу.

З погляду дослідження ефективності особливий інтерес представляє вплив на характер процесу переносу потоком газу крапель рідини величини коефіцієнта гідравлічного опору газопроводу. В початковий момент експлуатації газопроводу (після очищення порожнини) коефіцієнт гідравлічного опору має мінімальне значення, внаслідок чого величина параметра β мінімальна. З цього випливає, що в потоці знаходиться максимальна кількість крапель рідини і інтенсивність їх випадання найбільша. Тому рідкі скупчення утворюються в початковій ділянці газопроводу. Внаслідок цього величина коефіцієнта гідравлічного опору зростає, що призводить до збільшення параметра β . Тому кількість рідини в потоці зменшується і знижується інтенсивність випадання крапель рідини. Проте при цьому краплі рідини переносяться на більшу відстань від початку газопроводу.

Товщина відкладень, як функція відстані і часу носить експоненційний характер, причому зі збільшенням часу експлуатації газопроводу товщина відкладень зростає, а зі збільшенням віддалі від КС - зменшується.

Очевидно, що аналітичні і графічні залежності повинні бути ідентичними, оскільки описують один і той ж характер розподілу відкладень по довжині газопроводу і в часі. Характер формування аналітичних залежностей визначається параметром β , а емпіричної залежності — коефіцієнтами моделі, тому між ними повинен існувати взаємозв'язок, для встановлення якого пропонується наступний алгоритм адаптації.

Вважається відомим характер розподілу рідинних скупчень по довжині газопроводу для певного моменту часу t_1 . У відповідності до заданого розподілу товщини відкладень по довжині кожному значенню лінійної координати x_1, x_2, \dots, x_i ставиться у відповідність набір товщин відкладень h_1, h_2, \dots, h_i .

Адаптивна модель розподілу відкладень по довжині газопроводу і в часі дозволяє отримати реальний закон розподілу, який базується на фізичних уявленнях про процес переносу крапельної рідини потоком газу. Тому розрахований за приведеним алгоритмом адаптивний параметр β_a дає

можливість визначити фактичне значення коефіцієнта гідравлічного опору, а, відповідно, і коефіцієнта гідравлічної ефективності.

Результати розрахунків показують хорошу збіжність, а значення коефіцієнта гідравлічної ефективності, розраховані для початкових ділянок траси газопроводів на основі теоретичних досліджень, свідчать про їх задовільну кореляцію, що підтверджує достовірність результатів.

Четвертий розділ присвячено дослідженням впливу втрат енергії при транспорті газу на гідравлічну ефективність і розробці корективів до методики розрахунку коефіцієнта гідравлічної ефективності.

Температура і тиск є мірами енергії газового потоку. При цьому температура є критерієм внутрішньої енергії газового потоку, а тиск і швидкісний напір - критерієм механічної. Згідно з законами збереження і перетворення енергії, дисипація будь-якого його виду призводить до втрати загальної енергоємності замкнутої системи.

Коефіцієнт ефективності роботи газопроводів вказує на зниження енергоємності замкнутої системи (газового потоку) в результаті перетворення механічної енергії газового потоку в теплову, і подальших тепловтрат в навколишнє середовище.

Таким чином, величина теплопередачі від газового потоку в навколишнє середовище для магістрального газопроводу повинна бути тісно пов'язана з коефіцієнтом ефективності роботи газопроводу. Неврахування характеру та ступеня зміни внутрішньої енергії газу призводить до занижених значень коефіцієнта гідравлічної ефективності та збільшує його дисперсію навколо середнього значення.

Врахування зміни внутрішньої енергії газового потоку призводить до принципово відмінної тенденції зміни гідравлічної ефективності в часі, що відповідає апріорним уявленням про коефіцієнт ефективності, як діагностичну ознаку.

Основні результати та підсумкові висновки характеризуються новизною поставлених задач, обґрунтованістю та достовірністю і відповідають рівню кандидатської дисертаційної роботи.

Основна наукова новизна представленої роботи полягає в тому, що вперше:

- на основі статистичного і регресійного аналізу і аналітичних досліджень показників експлуатації лінійної частини газотранспортних систем показано вплив дисипативних втрат енергії газового потоку на гідравлічну ефективність;

- запропоновано методи визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності ділянок складних газотранспортних систем шляхом зміни технологічної схеми лінійної частини і показано вплив шляхових відборів газу на гідравлічну ефективність;

- на основі аналітичних досліджень процесу перенесення крапельної вологи потоком газу запропоновано методику визначення характеру розподілу високов'язких рідинних відкладень в порожнині газопроводу з адаптацією моделі до реальних умов, а також визначення об'єму відкладень і їх вплив на величину коефіцієнта гідравлічної ефективності;

- отримано аналітичні залежності для визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності газопроводів з урахування дисипативних втрат енергії і на їх основі запропоновано корективи до методики визначення гідравлічної ефективності.

Основне практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- встановлені закономірності розподілу високов'язких рідинних відкладень в газопроводі дозволять встановити взаємозв'язок між об'ємом рідинних відкладень і коефіцієнтом гідравлічної ефективності, що дозволить раціонально планувати процес очистки газопроводу;

- на основі досліджень дисипативних втрат енергії при русі газу в трубопроводі внесено корективи і доповнення в методику визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності газопроводів і ділянок складних газотранспортних систем;

- запропоновані методи і розроблені алгоритми і програми розрахунку використовуються на практиці в УМГ «Прикарпаттрансгаз».

Дисертація складається з вступу, 4-х розділів, висновків та додатків, які викладені на 107 стор. машинописного тексту і містять 4 табл., 16 рис. Список використаних літературних джерел містить 127 найменувань.

3. Повнота викладення матеріалу в опублікованих працях.

За темою дисертаційної роботи опубліковано автором 9 наукових праць, із них 5 у фахових виданнях, три з яких одноосібні, одна – у виданні, що входить до науко метричних баз.

Обсяг і стиль матеріалу, приведеного в авторефераті, дозволяють зрозуміти основний зміст дисертації. Основні результати і підсумкові висновки автореферату аналогічні змісту дисертації.

4. Мова та стиль дисертації.

Дисертаційна робота написана державною мовою, з використанням сучасної технічної термінології. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.15.13 – трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

5. Зауваження по роботі.

- в розділі 1 приведено детальний опис газотранспортної системи України, обсягів перекачування газу, термінів експлуатації. Ці речі є скоріше статистичними, ніж науковими, і їх можна було б привести в значно стислішій формі;

- в роботі не чітко продемонстровано, які методи реалізації математичних моделей використовувалися: загальновідомі чи розроблені автором.

- в розділі 2 зведено дві різні задачі: дисипація енергії і ефективність складних систем;

- в розділі 3 приведено результати розв'язку рівняння графоаналітичним методом. Доцільно було б привести сам алгоритм;

- в розділі 4 також не приведений алгоритм при розв'язанні трансцендентного рівняння шляхом ітерації;

- в тексті дисертації зустрічаються граматичні, стилістичні помилки та русизми.

Наведені вище зауваження не мають принципового характеру і не знижують її наукового рівня, ряд із них можна розглядати як побажання автору в його подальшій роботі.

6. Загальний висновок по роботі.

В дисертаційній роботі Якиміва Миколи Мирославовича «Вдосконалення методів прогнозування гідравлічної ефективності газотранспортної системи» отримані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують науково – практичну задачу врахування гідравлічної ефективності магістральних газопроводів на при прийнятті важливих технічних рішень щодо подальшої їх експлуатації.

Дисертаційна робота є завершеною науково - дослідною працею, яка характеризується науковою новизною та практичною цінністю і виконана у відповідності до вимог МОНУ, а її автор Якимів Микола Мирославович заслуговує на присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

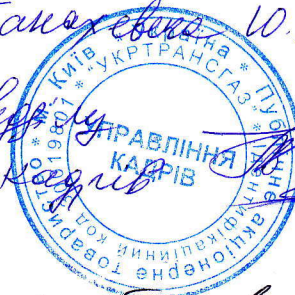
**Начальник відділу експлуатації
лінійної частини магістральних
газопроводів Департаменту
транспорткування газу
ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»,
доктор технічних наук**



Ю.В. Банахевич

Юрій Баннахевич Ю.В. завіряю

Начальник відділу управління газом



Відгук надіслано у спеціальну раду 20.05.04

Всесвітній секретар

ІФІТ



І.В. Грозюк