

Івано-Франківський державний технічний
університет нафти і газу

На правах рукопису

КАЛИН Степан Іванович

**ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МЕТОДІВ
ПІДВИЩЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ**

Спеціальність 05.15.13 - Будівництво та
експлуатація нафтогазопроводів, баз і сховищ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук.

Івано-Франківськ-1996

06.56



00754298 (Z)

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана в Івано-Франківському

Науковий керівник - доктор технічних наук,
доцент Грудз Володимир Ярославович

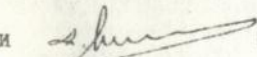
Офіційні опоненти:

- 1. доктор технічних наук Капцов Іван Іванович
 - 2. кандидат технічних наук Ізбаш Віктор Іванович
- Провідна організація - ДП "Львівтрансгаз", акціонерного товариства "Укргазпром", (м. Львів)

Захист відбудеться "4" *квітня* 1996 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.09.02.01 в Івано-Франківському державному технічному університеті нафти і газу, 284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу за адресою: 284018, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15

Автореферат розісланий "27" *лютого* 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради  Шлапак Л.С.

ДВ - 34.121

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості тематики.

Недостатня кількість енергоносіїв на Україні, в тому числі і газу, вимагають економного їх використання. В зв'язку з цим ставляться жорсткі вимоги до гідравлічної ефективності діючих газопроводів газотранспортної системи України.

Одним із напрямів, який дозволяє збільшити ефективність використання газотранспортних систем є періодичні очистки внутрішньої порожнини магістральних газопроводів з використанням механічних очисних пристроїв.

Недоліком існуючої експлуатаційної практики є досить невисокий процент збільшення ефективності експлуатації газопроводів, не більше чим на 3-5%, що не може задовільнити вимогам економної експлуатації. Збільшення періодичності проведення профілактичних очисток приведе до додаткових витрат і в кінцевому результаті не дозволить розв'язати проблему.

Суттєве підвищення ефективності газопроводів дозволить підвищити їх пропускну здатність і знизити витрати енергоносіїв на транспорт, що на сучасному етапі розвитку господарства України актуально.

Мета роботи.

Розробка нових технологій і методів очистки внутрішньої порожнини газопроводів з використанням хімічно-активних речовин для підвищення ефективності роботи діючих на Україні газотранспортних систем з врахуванням критеріїв надійності і екологічної безпеки.

Основні завдання наукового дослідження.

1. Статистичний аналіз ефективності діючих газопроводів і існуючих методів її підвищення.
2. Розробка математичної моделі процесу витиснення не-ньютонівської рідини твердим тілом із газопроводу, яка дозволяє враховувати властивості рідинних скупчень при розрахунках параметрів процесу очистки.
3. Розробка математичної моделі процесу витиснення газорідинної пробки твердим тілом із порожнини газопроводу.

4. Розробка способу і пристрою для газонасичення пробки рідинних скупчень і технології процесу очистки внутрішньої порожнини газопроводу з використанням поверхнево-активних речовин (ПАР).

5. Розробка методів нанесення антикорозійних покриттів на внутрішню поверхню стінок труб газопроводу, з метою зменшення гідравлічного опору і зменшення швидкості процесу внутрішньої корозії трубопроводу.

Наукова новизна роботи полягає:

- в постановці і розв'язку нових задач визначення динаміки зміни гідравлічної ефективності газотранспортних систем на основі статистичного аналізу параметрів магістральних газопроводів з врахуванням теплового режиму, часу експлуатації, а також фізико-хімічних властивостей рідинних скупчень в порожнині трубопроводу.

- в побудові математичної моделі витиснення неньютонівської рідини поршнем із газопроводу, на основі якої розроблено числовий метод визначення оптимальної швидкості очисного пристрою.

- в розробці методів планування процесу очистки газопроводів на основі запропонованої емпіричної залежності, що дозволяє враховувати властивості неньютонівської рідини.

- в підвищенні ефективності очистки газопроводів від рідинних скупчень на основі застосування піноутворюючих поверхнево-активних речовин (ПАР), і реалізації запропонованого методу на практиці.

- в дослідженні процесу корозії металів в агресивному середовищі (сірководневий газ), і розробці методів використання інгібіторних покриттів з метою захисту від корозії підвищення гідравлічної ефективності газопроводів.

Теоретична і практична цінність досліджень.

Результати роботи дають змогу більш точно визначити гідравлічну ефективність діючих газопроводів, з врахуванням факторів їх роботи: теплового режиму, терміну експлуатації і інш., і на основі одержаних даних, з метою істотного підвищення гідравлічної ефективності, вибрати один із запропонованих методів очистки внутрішньої порожнини газопроводів від рідинних скупчень.

Рівень реалізації і впровадження наукових розробок.

Запропоновані методи розрахунку гідравлічної ефективності і технології очистки внутрішньої порожнини газопроводів узагальнені, розвинуті і використані по відношенню до газотранспортної системи України.

Результати даної роботи були використані при очистці внутрішньої порожнини газопроводу Івацевичі-Долина на ділянці КС Сокаль- КС Бібрка ДП "Львівтрансгаз", і при проектуванні врізки трубопроводу від газового родовища Долні-Дибнік (Болгарія) в магістральний газопровід СРСР-Болгарія.

Результати роботи можуть бути також використані при розробці методів захисту газопроводів від внутрішньої корозії.

Апробація роботи.

Результати дисертаційної роботи доповідались на:

Всесоюзній науково-технічній конференції "Проблеми науково-технічного прогресу в трубопроводному транспорті газу Західної Сибіри" (Тюмень, 1987)

Всесоюзній науково-технічній конференції "Проблеми розвитку газової промисловості Західної Сибіри" (Тюмень, 1988)

Всесоюзній науково-технічній конференції "Проблеми трубопроводного транспорту нафти і газу" (Івано-Франківськ, 1985)

науково-технічній конференції викладацького складу ІФІНГ, (Івано-Франківськ, 1993).

Публікації.

По темі дисертаційної роботи опубліковано 11 друкованих праць, в тому числі 1 авторське свідоцтво.

Структура та обсяг дисертації.

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, основних результатів та підсумкових висновків, викладена на 133 сторінках машинописного тексту, в тому числі 19 рисунків, 13 таблиць. Список використаної літератури включає 90 найменувань.

Особистий внесок дисертанта у розробку наукових результатів.

I. На основі комплексних досліджень, вперше оцінено вплив температурного режиму на гідравлічну ефективність га-

зопроводу [1,3,9].

2. Поставлено і розв'язано задачу процесу очистки внутрішньої порожнини газопроводів від скупчень неньютонівської рідини [4,5,11].

3. Запропоновано метод підвищення гідравлічної ефективності газопроводів шляхом газонасичення рідинної пробки [6,8,9]. Розроблено конструкцію очисного пристрою для реалізації даного методу [7].

4. Дослідження впливу покриття інгібіторами корозії внутрішньої поверхні стінок трубопроводу на гідравлічну ефективність [2,7,10].

5. Пошукувач брав безпосередню участь у впровадженні результатів досліджень одержаних в роботі. З його участю складено 2 галузеві методики для Мінгазпрому.

Характеристика методології, методу дослідження предмету і об'єкта.

Дослідження гідравлічної ефективності газотранспортних систем базуються на методах математичного моделювання термогазодинамічних процесів і реалізації обернених задач, та методах фізичного моделювання на дослідних стендах. Використані статистичні методи досліджень експлуатаційних показників газотранспортних систем "БРАТЕРСТВО", "СОКВ", УРЕНГОЙ-ПОМАРИ-УЖГОРОД на ділянках трас, які знаходяться в експлуатації ДП "Прикарпаттрансгаз".

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показано взаємозв'язок завдань по економічному використанню енергоносіїв на Україні з завданням підвищення ефективності роботи газотранспортних систем. Доведена актуальність розробки нових методів і технологій очистки внутрішньої порожнини газопроводів з метою підвищення їх гідравлічної ефективності.

В першому розділі приводиться коротка характеристика існуючих методів розрахунку гідравлічної ефективності на базі детермінованих моделей і аналіз розрахунків для газопроводів ДП "Прикарпатрансгаз".

Початок досліджень ефективності роботи газопроводів було покладено в працях Ходановича І.Б. Великий теоретичний матеріал в плані дослідження гідравлічної ефективності становлять праці Мамаєва В.А., Клапчука О.І., Гусейнова І.А. Найбільш закінчене вираження цього напряму з врахуванням динаміки зміни ефективності в часі, а також методів і засобів її підвищення приведені в працях Тоута А.І., Климовсько-го С.І., Шварца М.Б., Капцова І.І., Грудза В.Я.. Але на даний період майже відсутні праці, які б в умовах практики експлуатації газопроводів дали б схожимість результатів теоретичного визначення гідравлічної ефективності з дійсними.

Визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності і динаміки його зміни проводились в рамках довготермінового і багатofакторного експерименту на протязі 1985-1991 рр. на ділянках газопроводів, що експлуатуються ДП "Прикарпатрансгаз".

Для визначення коефіцієнта гідравлічної ефективності була використана методика, що базувалась на математичних моделях стаціонарного руху газу в трубах. Розрахунки виконувались на основі вихідних даних, що відповідають стаціонарним режимам роботи газопроводу, з врахуванням критерію нестационарності.

З метою врахування неізотермічності режиму проводились заміри температури газу на початку (T_n), в кінці (T_k) кожної ділянки газопроводу і температури ґрунту (T_0).

Для визначення середньої по трасі температури ґрунту в непорушеному тепловому стані виконувались заміри змін даних температур в часі. Було визначено, що температури ґрунту в непорушеному тепловому стані на протязі року змінюються в межах від 3.5°C до 13.6°C . Діапазон зміни температур на глибині закладення трубопроводу коливається від 8% до 14%. Крім того було визначено, що їх величина мало змінюється по довжині ділянки. А це означає, що при розрахунках ефективності роботи газопроводів необхідно враховувати сезонні зміни температур ґрунту, користуючись одним із замірів проведеному в довільній точці траси газопроводу.

На основі статистичних даних були побудовані залежності ефективності газопроводів і газотранспортних систем від часу експлуатації. Зміну гідравлічної ефективності в часі для одностикових газопроводів запропоновано описувати експоненціальною залежністю

$$E = E_0 \exp(-\alpha t) \quad (1)$$

де E_0 , E - початкова ефективність газопроводу і ефективність на момент часу t ; α - коефіцієнт старіння.

Характер зміни гідравлічної ефективності для газотранспортних систем на основі регресивного аналізу статистичних даних запропоновано виражати у вигляді

$$E = E_0 \exp(-\alpha t) (\cos \beta t + \sin \beta t) \quad (2)$$

де α і β - коефіцієнти старіння

Фізичне пояснення різниці між характером зміни гідравлічної ефективності в часі для одностикових газопроводів і газотранспортних систем полягає в наступному: влітку газотранспортні системи експлуатуються з великим недовантаженням, рідинні скучення рівномірно розподілені по перерізу. Гідравлічна ефективність в цей період зростає. Взимку завантаженість газотранспортних систем зростає, що веде до перерозподілу рідини між паралельними нитками. Із збільшенням відбору газу збільшуються лінійні швидкості потоків газу, що в свою чергу веде до збільшення гідравлічного опору, тобто до зменшення гідравлічної ефективності газотранс-

портних систем. Наступне зниження об'ємів транспорту газу весною переводить систему в початковий стан.

Треба відзначити, що накопичення об'ємів рідини в системі веде до зростання гідравлічного опору кожної із ниток. При збільшенні витрат газу відбувається перерозподіл рідини, причому рідина поступає в трубу меншого діаметру. При паралельних нитках однакового діаметру рідина витискується в нитку ефективність якої нижча. Ці висновки підтверджені експериментально на лабораторному стенді.

Коефіцієнт гідравлічної ефективності можна також характеризувати втратами енергії газу. А саме він вказує на зниження енергоємності замкнутої системи (газового потоку), в результаті перетворення механічної енергії в теплову з наступними тепловтратами в навколишнє середовище.

З метою оцінки впливу зміни енергії газу на гідравлічну ефективність запропоновано критерій, який характеризує втрати внутрішньої енергії по відношенню до механічної:

$$\Lambda = \frac{k(T_{cp} - T_0)}{C_p T_{cp} P_{cp}} \bar{w} \quad (3)$$

де P_{cp} , T_{cp} - середні тиск і температура газу; T_0 - температура ґрунту; C_p , k - теплоємність газу і коефіцієнт теплопередачі до ґрунту; \bar{w} - середня осереднена швидкість газу. Встановлено, що зростання параметру Λ приводить до зменшення коефіцієнта гідравлічної ефективності.

При зростанні параметру Λ на 10%, гідравлічна ефективність при цьому падає на 2,7 %. При великих лінійних швидкостях газу гідравлічна ефективність газопроводу росте. Це відбувається за рахунок "вигирання" внутрішньої поверхні стінок труб потоком газу від наведеної шорсткості. При зниженні температури газового потоку знижується його внутрішня енергія, що в свою чергу веде до підвищення ефективності. Регресивний аналіз дозволив встановити критичне значення параметру Λ після якого ефективність починає зростати, він рівний 10^{-10} .

Проведено аналіз фізико-хімічних властивостей рідинних скупчень, що знаходяться в порожнині газопроводу. Дослідно

одержано залежність фізико-хімічних властивостей відкладень (товщина відкладень, міра консистентності, степінь неньютонівської поведінки) від довжини ділянки газопроводу (віддаль від КС) і від часу експлуатації. Побудовані математичні моделі вищевказаних залежностей. На основі одержаних даних (спектрального аналізу і дослідів) було зроблено висновок: що на віддалі менше 20 км від компресорної станції, рідина в порожнині газопроводу має неньютонівські властивості і належить до класу псевдопластичних.

Проведено аналіз процесу підвищення ефективності газопроводів. Показано залежність ефективності очистки від оптимальної швидкості очисного пристрою, довжини ділянки і профіля траси. Побудовані математичні моделі, що базуються на статистичних даних, які дозволяють оцінити ефективність очистки в залежності від характеру ділянки газопроводу і режиму очистки.

Другий розділ присвячений дослідженню впливу властивостей рідини, що знаходиться в порожнині газопроводу на параметри оптимального режиму очистки.

На основі розв'язку задачі руху неньютонівської рідини на початку ділянки круглої труби одержано рівняння, яке дає змогу побудувати характер розподілу швидкостей по перерізу потоку, в залежності від лінійної координати. Нерівномірність розподілу швидкостей по перерізу труби в області рідинної фази при витисненні її з трубопроводу твердим тілом, зумовлює виникнення зон підвищеного тиску в пристінному шарі рідини і пониженого в осьовому. Внаслідок цього виникають умови деформацій ущільнюючих елементів очисного пристрою і перетоків рідини в запоршневий простір. Збільшення ступеня нерівномірності розподілу швидкостей рідини по перерізу труби в області рідинної пробки зумовлює більший об'єм перетоків, що знижує ефективність очистки.

Неньютонівські властивості рідини, що витискується поршнем із трубопроводу, впливають як на характер розподілу швидкостей по перерізу труби, так і на величину перетоків через нещільності рухомої границі. Числовий аналіз показав, що відхилення швидкості очисного пристрою від оптимальної, в залежності від властивостей виштовхуваної рідинної проб-

ки може досягати 30-40%, що в свою чергу веде до зменшення ефективності очистки газопроводу. Тому виникає необхідність враховувати властивості рідинних скупчень в процесі планування режиму очистки.

Побудовано математичну модель процесу витиснення ньютонівської рідини твердим розділювачем із газопроводу, на основі якої запропоновано метод, що базується на порівнянні результатів відомих емпіричних і проведених теоретичних досліджень. Згідно з цією моделлю оптимальна швидкість очисного пристрою при витисненні ньютонівської рідини визначалась із залежності

$$U_o^* = k * U_o \quad (4)$$

де U_o^* , U_o - відповідно оптимальна швидкість у випадку ньютонівських і ньютонівських властивостей рідини; k - поправочний коефіцієнт, який враховує реологічні властивості рідини.

Для визначення коефіцієнта k проводились дослідження процесу витиснення ньютонівської і ньютонівської рідини за допомогою побудованої математичної моделі при різних значеннях степеня ньютонівської поведінки і різних значеннях відношення міри консистентності і в'язкості, а також різних відносних об'ємах рідини в трубопроводі.

Обробка даних методами регресивного аналізу дала змогу одержати емпіричну формулу для визначення поправочного коефіцієнта k у вигляді

$$k = 0.743 (V_p / V_{TP})^{-0.018} (\mu/\alpha)^{0.067} n^{0.25} \quad (5)$$

де V_p , V_{TP} - відповідно об'єм рідини і трубопроводу; μ , α - відповідно динамічна в'язкість і міра консистентності; n - степінь ньютонівської поведінки рідини.

Третій розділ присвячено дослідженню підвищення ефективності процесу очистки внутрішньої порожнини газопроводів шляхом використання піноутворюючих поверхнево-активних речовин (ПАР).

Поверхнево-активні речовини запропоновано вводити

в порожнину газопроводу для газонасичення рідинної пробки, яка знаходиться перед очисним пристроєм. Газонасичення рідинних скупчень в свою чергу веде до збільшення довжини пробки (за рахунок зміни пружності і густини рідини), тобто до збільшення фази гідродару. Різота сил тertia в період тривання фази гідродару приводить до гасіння імпульсу тиску.

Таким чином із збільшенням тривалості фази гідродару величина тиску рідини на ущільнючі елементи очисного пристрою зменшується, що веде до підвищення ефективності очистки магістральних газопроводів. Доведено, що у випадку газонасичення рідинних скупчень в порожнині трубопроводу за допомогою ПАР, ефективність роботи газопроводів може бути підвищена на 8-12% і доведена після очистки до 90-95%.

З метою оптимізації режиму очистки були проведені дослідження властивостей піноутворюючих поверхнево-активних речовин.

На основі досліджень властивостей ПАР було розроблено критерій для вибору типу піноутворюючих поверхнево-активних речовин. Основою для вибору критерію було:

- доступність і широке використання в нафтогазовій промисловості;
- вартість ПАР не повинна приводити до значного подорожчання процесу очистки;
- використання їх в процесі очистки повинно приносити запланований ефект.

Виходячи із перших двох вимог були вибрані наступні три види ПАР: пріванцел, дісолван, сульфанола. Для порівняння цих ПАР було проведено цілий ряд досліджень, які відобразили суть створюваного ними ефекту.

Основним призначенням введення ПАР в область рідинних скупчень в газопроводі є створення достатньої газонасиченої рідини, шляхом утворення піни. При цьому важливим питанням дослідження було визначення концентрації ПАР в рідині, при якій досягається достатня стійкість і кратність піни при різних тисках і температурах.

На основі проведених досліджень встановлено, що із зростанням концентрації ПАР в розчині і із збільшенням тем-

ператури, кратність піни зростає. Стійкість же піни із збільшенням концентрації ПАР до певної межі зростає, а в подальшому падає. З ростом температури в розчині стійкість піни незначно зменшується. При збільшенні тиску кратність і стійкість піни зменшується.

На основі порівняння властивостей досліджуваних поверхнево-активних речовин по запропонованих критеріях найбільш ефективним виявився пріванцел.

Дослідження утвореної піни показали, що при реальних тисках в газопроводі стійкість піни недостатня для успішного проведення процесу очистки. Для підвищення її стійкості необхідно постійне перемішування розчину турбулентними струменями газу. З цією метою було розроблено конструкцію очисного пристрою (А.с.988389), яка дозволяє, крім запланованого ефекту, досягнути економії досить дорогих піноутворюючих ПАР (рис.1).

Проведені дослідно-промислові випробування запропованої технології і конструкції очисного пристрою на газопроводі Івацевичі-Долина ДП "Львівтрансгаз", які підтвердили високу ефективність запропонованого методу очистки. Гідравлічна ефективність газопроводу була підвищена на 8,9%. Економічний ефект від впровадження запропонованого методу по очистці внутрішньої порожнини газопроводу, в цінах 1990 р., склав понад 170 тис.крб.

В четвертому розділі приведені дослідження підвищення ефективності роботи газопроводу шляхом нанесення інгібіторних покриттів на внутрішню поверхню труб.

Як вказувалось вище, існуючі методи підвищення ефективності дозволяють підняти її рівень на величину до 3-5 % і не дають можливості досягнути стопроцентного рівня. З метою подолання цього бар'єру необхідно використовувати комплексні методи, які б дозволи витиснути із порожнини газопроводу повністю рідинні скупчення і одночасно зменшити еквівалентну шорсткість внутрішньої поверхні стінок труб.

Однією з основних причин збільшення еквівалентної шорсткості внутрішньої поверхні труб є корозійні процеси, які протікають в газопроводі завдяки утворенню кислого середовища в порожнині трубопроводу. Тому найбільш ефективним

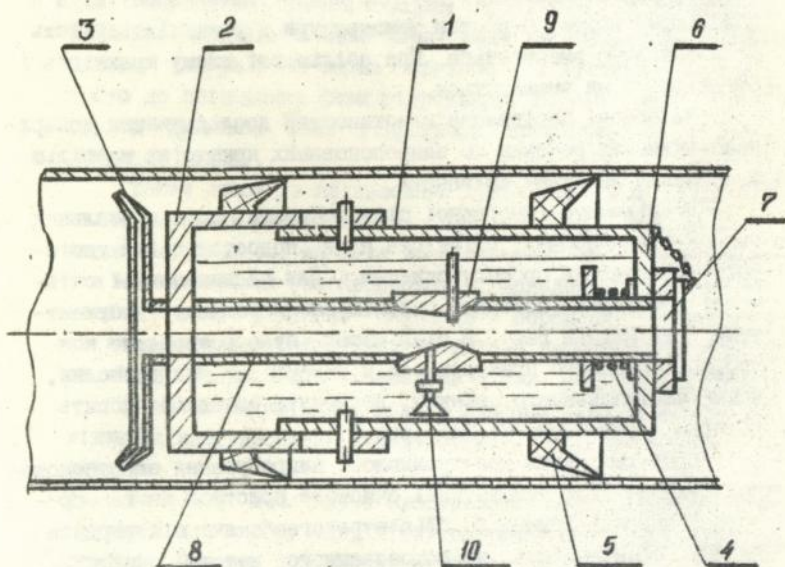


Рис. I Принципова схема очисного пристрою нової конструкції:

- 1-корпус; 2-пустотіла насадка; 3-сопла;
- 4-пружина; 5-манжета; 6-задня стінка корпусу;
- 7-пробка; 8-пустотіла труба; 9-ежектор;
- 10-всмоктуючий патрубок.

методом захисту від внутрішньої корозії є нанесення інгібіторних покриттів на внутрішню поверхню стінок труб. Недостатню розповсюдженість даного методу можна пояснити відсутністю дешевих і надійних інгібіторних покриттів та технології їх нанесення на внутрішню поверхню трубопроводу.

З метою визначення характеру впливу інгібіторного покриття на пропускну здатність газопроводу проводились експериментальні дослідження на стенді, що складався з ресивера, який наповнювався повітрям з допомогою компресора, і лінійної ділянки, через яку він випорожнювався в атмосферу. При цьому проводились вимірювання параметрів процесу, з допомогою яких визначався коефіцієнт гідравлічного опору ділянки і число Рейнольдса, що дозволило побудувати емпіричну залежність між ними. Як показують результати дослідів, з ростом числа Рейнольдса коефіцієнт гідравлічного опору ділянки з нанесеним внутрішнім покриттям зменшується, в порівнянні з газопроводом без покриття, що доводить ефективність застосування внутрішніх покриттів. Крім цього, проведені досліді дозволили рекомендувати для створення внутрішніх покриттів інгібітори корозії ТАРІН та НАФТОХІМ-І, які випускаються нафтопереробними заводами України і порівняно дешеві. Нанесення ж покриттів з вказаних інгібіторів товщиною 0,3 мм дозволяє підвищити гідравлічну ефективність ще на 5% і довести її практично до стопроцентної величини.

Застосування інгібіторів корозії крім підвищення гідравлічної ефективності дозволить надійно захистити внутрішню поверхню стінок трубопроводу від корозії, що збільшить термін служби трубопроводу і підвищить його надійність. З метою визначення раціональних параметрів нанесення інгібіторних покриттів на стінки труб проводились досліді для вивчення корозійних процесів в агресивному середовищі. В процесі дослідів на взірці металу з різним характером обробки поверхні наносились шари інгібіторів корозії і витримувались на протязі різних періодів часу в агресивному середовищі при різних умовах. Степінь корозії за певний проміжок часу визначалась методом зважування взірців.

Результати дослідів показали, що із збільшенням тривалості корозійного процесу степінь корозії зростає за експо-

ненційним законом. Суттєво більша швидкість корозії в початковий момент і її зменшення з ходом часу пояснюється захисною дією продуктів корозії, що утворилися на поверхні взірця. Встановлено також, що інтенсивність корозії менша на 18-24% у випадку, коли взірець знаходиться в горизонтальному положенні, в порівнянні з вертикальним його розміщенням. Внаслідок цього в реальному газопроводі найбільш інтенсивно корозійні процеси проходять на ділянках труби, розміщених між верхньою і нижньою твірними.

Вивчення впливу температури і тиску на хід корозійних процесів показали, що при зростанні температури з 6°C до 22°C швидкість корозії зростає в середньому в 1.65 раз. Зміна тиску в меншій мірі впливає на корозійний процес. Так, при збільшенні тиску з 1 до 1.1 бар швидкість корозії зростає в середньому в 1.4 раза.

Найбільший вплив на швидкість процесу корозії має якість обробки поверхні металу. Так, швидкість корозії для шліфованого взірця зменшується в середньому в 3 рази в порівнянні із взірцем з необробленою поверхнею. Це пояснюється збільшенням поверхні контакту з агресивним середовищем в другому випадку.

Досліди із взірцями, покритими інгібіторами корозії ТАРІН та НАФТОХІМ-1 в різних умовах дозволили розробити технологію нанесення покриття. Результати показують, що надійність захисту металу залежить від кількості шарів нанесеного інгібітора, температури нанесення і часу висихання. При двохшаровому покритті інгібітором ТАРІН в часом висихання 24 год при температурі 24°C агресивне середовище не викликає практично корозії взірця на протязі року.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПІДСУМКОВІ ВИСНОВКИ

1. В рамках довготермінового дослідно-промислового експерименту, що проводився на газопроводах ДП "Прикарпаттрансгаз", з метою підвищення ефективності транспорту газу були проведені статистичні дослідження фізико-хімічних властивостей рідинних скупчень в газопроводі. Встановлено, що до досягнення газом точки роси, порожнина газопроводу наповнюється смолистими високов'язкими відкладеннями, що займають в трубах по перерізу серпоподібну форму, є результатом виносу масла із ГПА, і за фізичними властивостями є неньютонівськими рідинами. Після досягнення газом точки роси відкладення в трубопроводі представлені газовим конденсатом і водою, що випали із газу.

2. На основі аналізу процесу очисток газопроводів ДП "Прикарпаттрансгаз" побудована статистична модель, що дозволяє оперативно оцінити результати очистки в залежності від характеристики трубопроводу і характеру руху очисного пристрою.

3. Побудована математична модель процесу витиснення поршнем неньютонівської рідини із трубопроводу, що дозволяє визначити оптимальні режими очистки. Встановлено, що неньютонівські властивості виштовхуваної рідини можуть змінювати оптимальну швидкість очисного пристрою на 30-40% в залежності від умов.

4. Запропоновано спосіб підвищення ефективності очистки трубопроводу, що базується на використанні піноутворюючих ПАР. Розроблена технологія процесу очистки і пристрій для її реалізації. Дослідно-промислові випробування запропонованого способу показали, що ефективність очистки при цьому підвищується на 8,9%, економічний ефект, в цінах 1990 року, склав понад 170 тис.крб.

5. Запропонована методика нанесення на внутрішню поверхню стінок труб інгібіторних покриттів, в якості яких були вибрані інгібітори корозії "Тарін" і "Нафтохім-І", що випускаються вітчизняною промисловістю. Встановлено, що нанесення покриттів знижують гідравлічний опір трубопроводу на

величину до 5 % і дозволяють довести гідравлічну ефективність практично до 100%. Крім того нанесення інгібіторних покриттів в 5-7 раз збільшує термін експлуатації магістральних газопроводів.

Основний зміст дисертації викладений в наступних друкованих працях:


1. Калин С.И. Оцінка ефективності участків складних газотранспортних систем //Газведка й розробка нафти. й газ. м-ний :Межвед. сб. :-Львов :Вища школа, -1989. -Вип. 26. -С.47-48.
2. Атанасов Г.С., Грудз В.Я., Гой М.М., Калин С.И., Михалків В.Б. Трубопровідний транспорт сероводородних газів малих местороджень //Газ. про-сть. -1990. -№4. -С.49-50.
3. Грудз В.Я., Калин С.И. Вплив теплового режиму газопроводу на ефективність його роботи //Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ :Рес. міжвід. науково-техн. сб. -Івано-Франківськ :Вид.у-ту, 1993. -Вип. 30. -С.116-119.
4. Яковлев Е.И., Крылов Г.В., Калин С.И. и др. Методика диагностики состояния внутренней полости магистрального газопровода /Мингазпром СССР. -Киев :Союзгазпроект, 1987. -87с.
5. Михалків В.Б., Грудз В.Я., Калин С.И. Методика оптимізації процесу очищення полости магістральних газопроводів /РІ. - Киев. :Час, 1990.
6. Грудз В.Я., Тымків Д.Ф., Михалків В.Б., Калин С.И. Повышение эффективности удаления жидкости из трубопровода путем применения ПАВ / ИФИНГ - Ивано-Франковск, 1987-с.5.; ил.-Библиогр., Деп.УкрНИИТИ, 04.05.87. № 1353
7. А.с. 988389 МКІ³ В 08 В 9/04 Устройство для очистки полости трубопровода от жидких скоплений. / Грудз В.Я., Калин С.И., Михалків В.Б., Тымків Д.Ф. (СССР) № 4156384/31-12. Заявлено 02.12.86. Опубл. 23.05.88 Бюл.19-2с. :Іл. ил.
8. Михалків В.Б., Калин С.И., Маковийчук Я.П. Повышение эффективности очистки газопроводов при применении поверхностно-активных веществ //Тез. докл. на Всесоюзной

научн.-техн. конф. Проблемы научно-технического прогресса в трубопроводном транспорте газа Западной Сибири, 17 май 1987 г.Тюмень :Тюмень, 1987. -С.90-91.

9. Михалкив В.В.,Калин С.И. Определение гидравлической эффективности газопроводов с пересеченным профилем трассы //Тез. докл. на Всесоюзной науч.-техн. конф. Проблемы развития газовой промышленности Западной Сибири, 20 октябрь 1988 г.Тюмень :Тюмень, 1988, -С.60-61.

10. Грудз В.Я., Калин С.І. Дослідження корозії металів в сірчистому середовищі // Тези доп. на конф. викладацького складу Івано-Франківського інституту нафти і газу м.Івано-Франківськ :Івано-Франківськ, 1994, -С.95.

11. Грудз В.Я., Калин С.І. Багатофакторний статистичний аналіз підвищення гідравлічної ефективності газопроводів //Тези доп. на наук.-техн. конф. проф.-викл. складу Івано-Франківського інституту нафти і газу м. Івано-Франківськ :Івано-Франківськ, 1992, -С.36.



С. Калин

Калин С.И. Исследование и разработка методов повышения гидравлической эффективности магистральных газопроводов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.13 - строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, Ивано-Франковский государственный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 1996.

Защищается 10 научных работ и одно авторское свидетельство, которые содержат теоретические исследования гидравлической эффективности и процесса очистки магистральных газопроводов. Разработано на их основе новые, более эффективные, методы и технологии повышения гидравлической эффективности газотранспортных систем.

Ключові слова:

дослідження, розробка, гідрравлічна ефективність

Kalin S.I. The investigation and elaboration of the methods of enhancing the efficiency of the gas-transporting systems.

The dissertation to the looking for the scientific degree of the bachelor of science on the speciality 05.15.13- The building and expluatation of the oil-and-gas transporting system, foundations, depositories. The Ivano-Frankivsk State Teonikal University of Oil and Gas Ivano-Frankivsk, 1996. It is defended 11 scientific works (the autor's certificate is among them), which contain the investigation of the hydraulic efficiency and of the gas-transporting systems cleaning process, the elabatoren of the new more effektive methods and technologies of the enhannoing the gas-transporting systems hydraulic efficiency.

Підписано до друку 06.02.96 р., ф. 60 x 84,
I/16, зав. 29, др. зрк. I, тираж 100 прим.
Івано-Франківський державний технічний
університет нафти і газу.
Дільниця оперативної поліграфії, Карпатська І:

AV 34.121