

022.091.4
177

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу



ЛОПУШАНСЬКИЙ Андрій Ярославович

УДК 621.438:622

**РАЦІОНАЛЬНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ЗБОРУ І
ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ
РОДОВИЩ З ВРАХУВАННЯМ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Спеціальність 05.15.13 – Нафтогазопроводи, бази та сховища

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ- 2006

Дисертацією є рукопис.

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

Науковий керівник: кандидат технічних наук, професор
Малярчук Богдан Михайлович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, професор кафедри буріння нафтових і газових свердловин, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Тимків Дмитро Федорович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри інформатики, м. Івано-Франківськ.
кандидат технічних наук
Говдяк Роман Михайлович, голова правління ВАТ
"Укргазпроект", м. Київ

Провідна організація: ВАТ ІВП ВНПТрансгаз, м. Київ.

Захист відбудеться 11 грудня 2006 року о 11 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої вченої ради Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ, вул. С. П. Королька, 76019, Україна

З дисертацією та авторефератом можна ознайомитися у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, вул. С. П. Королька, 76019, Україна

Автореферат р

Вчений секретар вченої ради Д кандидат тех

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Експлуатація газоконденсатних родовищ, як і всяка життєдіяльність людини, з екологічної точки зору характеризується шкідливими впливами на довкілля. Продукція свердловин, що поступає в систему збору і транспортування, являє собою трьохфазну систему, газову фазу якої представляє природний газ, рідку – гетерогенна суміш газового конденсату і пластової води, тверду – частинки породи, що виносяться потоком. У випадку герметичності системи збору і транспортування чи аварійних ситуацій кожна з фаз може бути причиною техногенної небезпеки. Природний газ і легкі фракції конденсату забруднюють повітряний басейн, рідина і тверді частинки попадають в ґрунт, що знижує його родючість.

Серед відомих газоконденсатних родовищ України більшість введено в експлуатацію в другій половині минулого століття, тому системи збору і транспортування продукції працюють понад четверть віку, що призводить до утворення свищів на трубопроводах внаслідок корозійних процесів, тобто до розгерметизації системи. Слід зазначити, що продукція свердловин, яка поступає в систему збору і транспортування, як корозійне середовище є надзвичайно агресивною. Тому внутрішня корозія металу трубопроводів протікає непомітно для зовнішнього спостерігача і викликає витіки рідкої і газової фаз в навколишнє середовище, приносячи економічні і екологічні збитки. При цьому найбільшу небезпеку для навколишнього середовища складають витіки рідини з трубопроводів, які формують в поверхневій зоні ґрунту ареали забруднень, які можуть займати значну за площею територію. Для регенерації родючого шару ґрунту в таких умовах необхідний тривалий час. Крім того, забруднення вимиватимуться ґрунтовими водами і переноситися в водні басейни, що складатиме загрозу фауні і флорі водойм. Тому проблема захисту довкілля в процесі експлуатації систем збору і транспортування продукції газоконденсатних родовищ України на сучасному етапі при дефіциті енергоресурсів та коштів на обслуговування і ремонті трубопроводів є особливо актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота носить прикладний характер і входить в комплекс розробок НАК “Нафтогаз України”, спрямованих досягнення екологічної безпеки при експлуатації газо-видобувного і газотранспортного комплексів України які знайшли своє відображення в Національній програмі “Нафта і газ України до 2010 року”.

Мета і задачі дослідження. Розробка заходів підвищення гідравлічної ефективності систем збору і транспортування продукції газоконденсатних родовищ та зменшення шкідливого впливу на довкілля технологічних процесів її експлуатації.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Визначення характеристик продукції свердловин як агресивного середовища і міри впливу



2. Дослідження процесу внутрішньо трубної корозії в агресивному середовищі і характеристик міцності матеріалу труб при цьому.

3. Встановлення закономірностей формування арсалу забруднень витоками з промислових трубопроводів.

4. Розробка методу витіснення рідкої фази з трубопроводів кульовими розділниками і дослідження характеристик технологічного процесу з метою скорочення обсягів витоків і забруднення довкілля.

5. Промислові випробування запропонованого методу і конкретизація оптимальних параметрів процесу витіснення рідкої фази з трубопроводів.

Об'єкт дослідження – система збору і транспортування продукції газоконденсатних родовищ в комплексі з довкіллям.

Предмет дослідження – фактори впливу продукції свердловин газоконденсатних родовищ на гідравлічну ефективність системи збору і транспортування продукції та інтенсивність процесів внутрішньотрубної корозії і на екосистему.

Методи досліджень: методи математичного моделювання руху очисних пристроїв, теорії узагальнених функцій, згладжування та диференціювання експериментальних даних, статистичні методи обробки інформації, та сучасні комп'ютерні технології їх реалізації. Вірогідність отриманих висновків підтверджено результатами натурних дослідів та статистичними даними із застосуванням алгоритмів обробки даних.

Наукова новизна одержаних результатів:

- на основі експериментальних досліджень встановлено вплив корозійного середовища, що є продукцією свердловин, на механічні властивості трубної сталі;

- створено математичну модель формування арсалу забруднень в пористому середовищі, реалізація якої дозволила встановити закономірності розтікання рідкої фази в ґрунті;

- для підвищення гідравлічної ефективності системи збору і транспортування продукції і зменшення обсягу витоків з трубопроводів в ґрунт запропоновано проводити періодичне витіснення рідкої фази з газопроводів кульовими розділовачами, і на основі результатів проведених експериментів встановлено оптимальні параметри технологічного процесу;

- результати теоретичних і експериментальних досліджень підтверджено фактичними даними, отриманими в ході промислових випробувань на газопроводі УКПП-4 – ГБЗ Хрещищенського газоконденсатного родовища.

Практичне значення одержаних результатів. Розв'язані в дисертації задачі, отримані результати дають можливість підвищити ефективність системи збору і транспортування продукції свердловин газоконденсатних родовищ на пізній стадії експлуатації та зменшити шкідливий вплив на довкілля.

Запропонований метод періодичного витіснення рідкої фази з промислових трубопроводів дозволить не тільки скоротити обсяги витоків з

газопроводів і зменшити забруднення ґрунтів, але й покращити економічні показники підприємства з видобутку газу і конденсату

Особистий внесок здобувача. Автором дисертації виконані наступні наукові дослідження і розробки:

1. Встановлено вплив корозійного середовища, що є продукцією свердловин, на механічні властивості трубної сталі [4].

2. Створено математичну модель формування ареалу забруднень в пористому середовищі [3].

3. Запропоновано проводити періодичне витіснення рідкої фази з газопроводів кульовими розділювачами, і на основі результатів проведених експериментів встановлено оптимальні параметри технологічного процесу. [4,5].

4. Проведено дослідження впливу рідкої фази продукції свердловин газоконденсатного родовища на показники родючості ґрунтів [1,2].

5. Автор брав безпосередню участь при розробці техніки і технології реалізації запропонованого методу витіснення рідкої фази з трубопроводу УКПН-4 – ГБЗ Хрестищенського газоконденсатного родовища.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались на:

Науково-практичній конференції “Шляхи підвищення надійності і ефективності роботи трубопровідного транспорту”. (Івано-Франківськ, 2000);

Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (Івано-Франківськ, 2002)

Нараді фахівців НАК “Нафтогаз України” та ОЛО “Газпром” з питань науково-технічного співробітництва в галузі транспортування природного газу (Яремче, 2002, 2004)

Науково-технічній конференції фахівців НАК “Нафтогаз України” (Славськ, 2005)

В повному обсязі результати досліджень доповідалися і обговорювалися на засіданнях кафедр спорудження та ремонту газонафтопроводів і газонафтоховищ і безпеки життєдіяльності та науковому семінарі факультету нафтогазопроводів в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу (м. Івано-Франківськ).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 5 друкованих праць, в тому числі 4 - у фахових виданнях України.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, результатів, підсумкових висновків, переліку використаних джерел, що містить 101 найменування, та додатків. Основний зміст дисертації викладено на 156 сторінках машинописного тексту. Кількість рисунків 54, кількість таблиць – 14.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показано взаємозв'язок завдань по економічному використанню енергоносіїв на Україні з питаннями підвищення ефективності експлуатації газових і газоконденсатних родовищ, зокрема систем збору і транспортування продукції свердловин, доведена актуальність розробки нових методів і технологій очистки внутрішньої порожнини газопроводів з метою підвищення їх гідравлічної ефективності і зменшення шкідливого впливу на довкілля.

В першому розділі приводиться коротка характеристика промислів газоконденсатних родовищ і акцентується увага впливу їх експлуатаційних показників на екологічну безпеку регіону.

Аналіз статистичних даних показує, що найбільша кількість аварій спостерігається на конденсатопроводах, які експлуатуються понад 20 років і досягає майже 80% загальної аварійності. В загальному, структура конденсатопроводів за терміном експлуатації має такий вигляд: понад 49 років експлуатують 0,08% трубопроводів; від 34 до 48 років – 16,13%; від 24 до 33 – 14,88%; від 14 до 23 – 28,21%; до 13 років – 40,7%.

Найбільш вагомою причиною є корозія стінок трубопроводу, яка призводить до утворення свищів. Іншими причинами порушення герметичності трубопроводів, які викликають розриви, можуть бути гідравлічні удари, землетруси, пошкодження при будівельних роботах.

В загальному, всю низку дефектів, що створюються техногенними, природними та антропогенними факторами, і які можуть призвести до відмов конденсатопроводів, можна розділити на такі групи:

- малі дефекти (корозійні свищі);
- середні дефекти (тріщини);
- катастрофічні дефекти (розриви на повний переріз труб – “гільйотинний розрив”)

Аналіз ефективності експлуатації газо- і конденсатопроводів проводиться на основі фактичних даних по експлуатації системи збору і транспортування продукції свердловин Хрестищенського газоконденсатного родовища, яке розташоване в Красноградському районі Харківської області на відстані 25 км від м. Красноград. У тектонічному відношенні воно знаходиться в межах Хрестищенсько-Сфремівського валу в південно-східній частині приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини. В роботі приведена коротка геологічна характеристика родовища, характеристика водного середовища, а також характеристика системи збору і транспортування продукції свердловин.

Серед особливостей впливу газоконденсатопроводів на довкілля виділено три основних напрямки:

- забруднення повітряного басейну витокami газу з трубопроводів при аварійних ситуаціях і винариваннями рідкої фази, що витекла з трубопроводу;

- забруднення ґрунтів витоками рідкої фази з трубопроводу при аварійних ситуаціях;
- забруднення водного басейну ґрунтовими водами, що містять домішки рідкої фази з трубопроводів і тверді частинки.

З метою встановлення характеристик продукції свердловин як агресивного середовища відбиралися проби з трубопроводів і проводився їх хімічний аналіз, результати якого подано в таблиці 1.

Таблиця 1.

Характеристики транспортованого середовища

Модельне середовище	Походження проби	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl
1	вдбір на ІС	6,2	2,8	4,8	4,0
2	вдбір на УКП-4	6,0	3,6	7,6	5,1
3	підтоварна вода	6,1	7,5	5,3	5,1

Проведений аналіз літературних джерел показує, що умови експлуатації систем збору і транспортування продукції свердловин газоконденсатних родовищ і сама продукція свердловин як агресивне середовище створюють умови інтенсивної внутрішньотрубно́ї корозії, що призводить до зниження гідравлічної ефективності системи, її розгерметизації, тобто виникнення свищів, через які рідка і газова фази з трубопроводів попадають в навколишнє середовище, приносячи економічні і екологічні збитки.

Початок досліджень ефективності роботи газопроводів було покладено в працях Ходановича Е.І. Великий теоретичний матеріал в плані дослідження гідравлічної ефективності становлять праці Мамасва В.О., Клапчука О.І., Гусейнова І.А. Найбільш закінчене вираження цього напрямку, з врахуванням динаміки зміни ефективності в часі, а також методів і засобів її підвищення приведені в працях Грудза В.Я., Канцова І.І., Климовського Е.М., Тоута О.Й., Шварца М.Е.

Для очистки магістральних газопроводів за допомогою механічних засобів очистки необхідно спорудити і облаштувати камери пуску і прийому засобів очистки. Зауважимо, що процес очистки магістральних газопроводів технологічно складний і проводиться з періодичністю приблизно 1 раз в рік. Для промислових трубопроводів в зв'язку з високою інтенсивністю постушення рідкої фази частота проведення очисток досягає 2 рази на тиждень. Тому для промислових трубопроводів систем збору і транспортування продукції свердловин така технологія очистки нерациональна. В зв'язку з цим пропонується очистка порожнини трубопроводів кульовими роздільниками меншого діаметру, які рухатимуться в потоці разом з рідиною, вносячи її з газопроводу.

На основі критичного аналізу літературних джерел з врахуванням особливостей експлуатації систем збору і транспортування продукції свердловин газоконденсатних родовищ окреслено і поставлено основні задачі досліджень.

Другий розділ присвячений дослідженню процесів внутрішньотрубної корозії трубопроводів та формування ареалу забруднень ґрунту витокami з трубопроводів в районі експлуатації газоконденсатного родовища

З метою вивчення характеру протікання внутрішньотрубної корозії в трубопроводах системи збору і транспортування продукції свердловин газоконденсатного родовища проводились серії механічних і корозійно-механічних випробувань взірців металу з трубопроводу $\varnothing 114 \times 15 \text{ мм}$, який знаходився в експлуатації на протязі 1974-2004 рр. Характеристики матеріалу приведені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Фізико-механічні характеристики матеріалу трубопроводу у модельних середовищах

Характеристики матеріалу	Середовище			
	Повітря	1	2	3
Модуль Юнга $E \cdot 10^{-5}$, МПа	2,023	2,064	2,063	1,97
Границя текучості, МПа	250	245	245	245
Границя міцності, МПа	410	400	400	400

Для дослідження корозійних процесів під напруженням використано розроблену комп'ютеризовану установку КН-1.

Випробовування зразків з матеріалу трубопроводів на повітрі та в рідких робочих середовищах проводили в режимі статичного навантаження чистим згином з автоматичною реєстрацією прогину зразка та зміни електродного потенціалу за допомогою ЕОМ, використовуючи 24-бітне аналого-цифрове перетворення кількості значень.

Побудовані за результатами досліджень характерні криві повзучості в координатах приріст повзучості $\Delta \epsilon_n$ - час t , зображено на рисунку 1. Тривалість випробувань на повітрі визначалася характером та кінетикою процесу у кожному окремому випадку, що дозволило за відносно короткий час виконати серію експериментів та визначити параметри області низькотемпературної повзучості.

Встановлено, що повзучість основного металу у корозійно-активному середовищі, як і на повітрі, носить стадійний характер. Вплив середовища відчутний як на стадії неусталеної так і на стадії усталеної повзучості. Як показали наші дослідження, найбільшу схильність до низькотемпературної корозійної повзучості сталь трубопроводу проявляє у модельному середовищі 2, найменшу – у модельному середовищі 3 (таблиця 1).

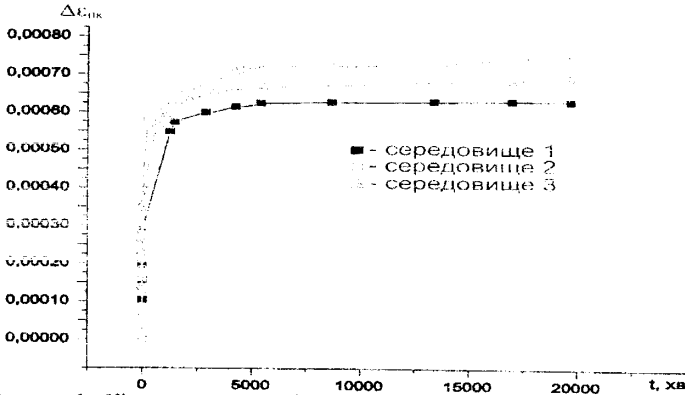


Рисунок 1 - Кінетика повзуцості матеріалу трубопроводу в модельних середовищах

З метою кращого вивчення хімізму процесу внутрішньої стрес-корозії сталі трубопроводу та визначення найбільш небезпечного, з хімічної точки зору, експлуатаційного середовища досліджено кінетику електродного потенціалу. Відомо, що чим нижчий потенціал металу та чим швидший процес розблагородження, тим більша ймовірність перебігу корозійних процесів і, відповідно, небезпека виникнення корозійних уражень.

Для того, щоб визначити реальний ступінь небезпеки при експлуатації трубопроводу у кожному з модельних середовищ вивчено кінетику корозійних процесів в них і визначено швидкості корозії та зменшення товщини стінки труби.

Як бачимо, навіть при мінімальному рівні напружень зменшення товщини стінки труби може сягати від 0,125 до 1,25 мм/рік залежно від хімічного складу середовища. Встановлено, що із збільшенням величини номінальних напружень від $1,05 \sigma_{0,2}$ до $1,6 \sigma_{0,2}$ збільшення загальної швидкості корозії у модельних середовищах може сягати 25 %.

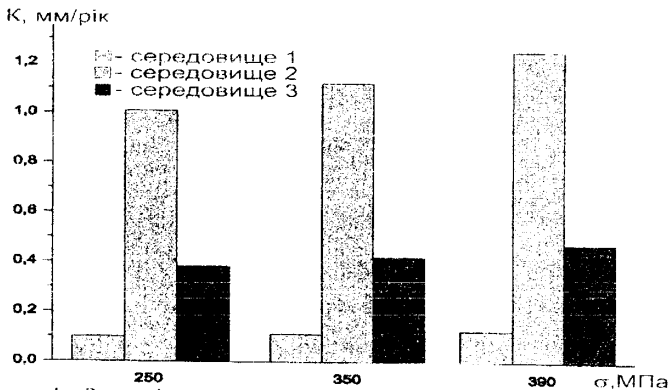


Рисунок 4 - Залежність зменшення товщини стінки трубопроводу від рівня номінальних напружень для різних модельних середовищ

При визначенні залишкового ресурсу трубопроводів необхідно також враховувати постійний інтенсивний рух корозійного середовища, при якому:

- проходить постійне змивання перозчинних продуктів корозії, тобто погіршується пасивація поверхні;
- проявляється схильність до локалізації корозійних процесів через те, що початково уражене місце не може пасивуватись, а тому постійно має менший потенціал від сусідніх неуражених ділянок;
- утворюється гальванічний елемент у якому уражена ділянка стає анодом, а неуражена – катодом.

Враховуючи, що за несприятливих умов механічний чинник та чинник руху середовища будуть взаємно підсилювати корозійні процеси, нескладно підрахувати, що швидкість локальної корозії, і, відповідно, величина зменшення товщини стінки можуть збільшитися в 2,5 – 10 разів порівняно із наведеними даними.

Враховуючи складні умови експлуатації промислових газоконденсатопроводів і високу ймовірність появи свищів, необхідно оцінити масштаби збитків, викликаних витокami рідкої фази з трубопроводів і формуванням ареалів забруднень.

Питанням формування ареалів забруднень присвячено ряд робіт Семчука Я.М., Говдяка Р.М., в яких розглянуто фізичну картину процесу, даються результати фізичного моделювання і їх аналіз, розроблено методичні основи прийнятного ризику. Однак, задачам формування ареалів забруднень не приділено належної уваги. Тому виникає задача формування ареалу забруднення, тобто побудови поля швидкостей фільтрації в пористому середовищі як функції просторових координат та часу.

З математичної точки зору розглядається пористе середовище безмежних геометричних розмірів, в якому спостерігається фільтрація рідини. В початковий момент часу швидкість фільтрації рідини відсутня і тиск в пористому середовищі є сталою величиною. В момент часу $t \geq 0$ в деякій точці порового простору спостерігається постушення нестискуваної рідини з певною витратою, тобто починає діяти додатне джерело маси q_1 (кг/м³·с). Необхідно встановити як змінюватиметься тиск та швидкість фільтрації в різних точках пористого середовища в залежності від часу. Диференціальне рівняння фільтрації рідини в пористому середовищі, як відомо, має такий вигляд:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \nabla^2 p + \frac{q_1}{F} \delta(x) \delta(y), \quad (1)$$

де p – тиск рідини в ґрунті; t – час; χ – коефіцієнт порозоводності, F – площа поверхні фільтрації; q_1 – інтенсивність джерела витoku; $\delta(x), \delta(y)$ – функції джерела Дірака; ∇^2 – оператор Лапласа.

Для реалізації поставленої задачі використано метод функцій Гріна. В результаті отримано розв'язок у вигляді:

$$p(x, y, t) = \frac{p_0}{4\pi\chi t} \iint_{-\infty-\infty}^{\infty-\infty} e^{-\frac{(x-\xi)^2 + (y-\tau)^2}{4\chi t} - D\Delta H + \frac{Z^H}{F} \int_0^t \frac{1}{2\sqrt{\chi\xi(\tau-\tau')}} \times e^{-\frac{\xi^2 + \tau'^2}{4\xi(\tau-\tau')}} d\tau'} \quad (2)$$

Для побудови поля швидкостей фільтрації використано рівнянням закону Дарсі

$$W = -\frac{k}{\mu} \gamma \text{grad} p \quad (3)$$

На основі отриманих розв'язків складено алгоритм і розроблено програму моделювання процесу формування арсалу забруднень довкілля в результаті появи витoku продукції з промислового газопроводу.

На рисунку 5 зображено результати математичного моделювання процесу формування арсалу забруднень при появі витoku продукції з промислового трубопроводу. Аналіз результатів показує, що найбільшій величині швидкість фільтрації досягає в точці розміщення джерела 1.7 - 3.2 м/добу, однак з плином часу ця швидкість падає за рахунок збільшення обсягу арсалу забруднення і на віддалі 5 м по нормалі від осі трубопроводу складає 0.05 - 0.08 м/добу, а на віддалі 5 м від джерела вздовж осі трубопроводу складає 0.1 - 0.3 м/добу. Тому арсал забруднення в ґрунтах має форму сліпса, велика вісь якого витягнута вздовж трубопроводу. Це пояснюється значно вищою проникністю ґрунту в зоні засинки трубопроводу, ніж проникністю ґрунту в не порушеному стані. На кінець першої доби конденсатна пляма на поверхні ґрунту розповсюджується до 5-6 м в напрямку по нормалі до осі трубопроводу і до 8-10 м вздовж осі. На кінець п'ятої доби мала піввісь конденсатної плями складе 11-13 м, а велика - 19-24 м. Площа поверхні забруднення за першу добу складе 125 -190 кв. м, і збільшиться до 655 - 980 кв.м на кінець п'ятої доби.

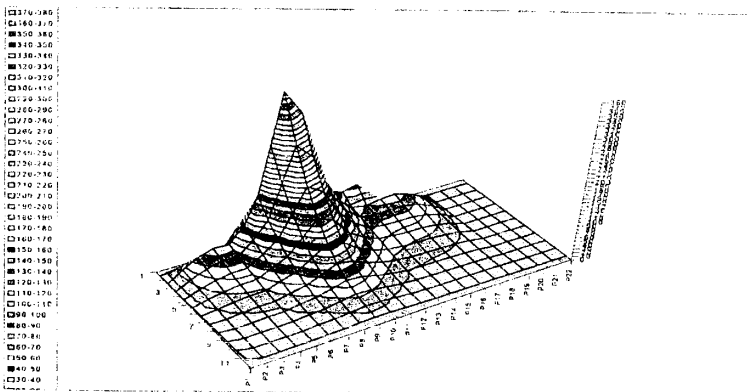


Рисунок 5 - Результати математичного моделювання поля швидкостей фільтрації при появі витoku з промислового трубопроводу

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням процесу винесення рідини кульовими роздільниками з трубопроводу.

З метою підвищення гідравлічної ефективності промислових трубопроводів і зменшення їх шкідливого впливу на довкілля пропонується періодичне витіснення рідкої фази з труб застосуванням кульових роздільників. При цьому окрім зменшення шкідливого впливу на екологію регіону збільшиться пропускна здатність системи збору і транспорту газу і конденсату, а використання рідкої фази принесе економічний ефект.

Швидкість зсуву кульового роздільника, тобто мінімальна швидкість газу, при якій він починає рухатися, може бути визначена із спрощеної умови, що динамічний напір, під впливом якого формується повний опір кулі, йде на подолання ваги кулі і тертя його об стінки труби. Щоб куля виносила рідину, необхідно виконати умову:

$$\bar{W}_2 > \bar{W}_{кр}$$

Іншими словами швидкість руху газу в трубі повинна бути більше швидкості зсуву кулі, визначуваної вагою кулі і співвідношенням діаметрів кулі і труби.

Друга умова вимагає, щоб в процесі руху кулі накопичення маси рідини перед нею випереджало її пересікання через зазор між кулею і внутрішніми стінками труби.

Для визначення виносної здатності кульових роздільників проведено серії експериментів на дослідному стенді, який являв собою лінійну ділянку трубопроводу з змінним кутом нахилу до горизонту і обладнаний камерами пуску і прийому кульових роздільників. Досліди проводились для різних (по масі і діаметру) роздільників при різних кутах нахилу ділянки до горизонту. В кожному з дослідів серії змінювалася швидкість руху роздільника і визначалася виносна спроможність як відношення об'єму винесеної рідини до об'єму залитої в трубопровід. Досліди показали, що для різних умов існує оптимальна швидкість руху роздільника, при якій виносна спроможність є максимальною. Обробка результатів досліджень в критеріальній формі дозволила встановити, що узагальнюючим критерієм процесу є критерій Фруда для руху рідини в щілині між стінками труби і рухомою сферою

$$Fr_{щ} = \frac{W_{щ}^2}{gd_{щ}}$$

де $W_{щ}$ - середня швидкість газу в щілині між стінкою труби і роздільником

Залежність виносної здатності кульових роздільників різної густини і діаметру від $Fr_{щ}$ показана на рисунку 6, з якого видно, що при $Fr_{щ} > 1,8 \cdot 10^3$ рекомендується використовувати "важкі" кульові роздільники, які в цій зоні володіють більшою виносною здатністю в порівнянні з "легкими" кулями. "Важкі" кульові роздільники мають вузький діапазон винесення, і їх використання при малих швидкостях газу є неефективним. Зона роботи

"легких" кульових роздільників значно ширше, і їх рекомендується використовувати при $Fr_{ц} < 1,8 \cdot 10^2$

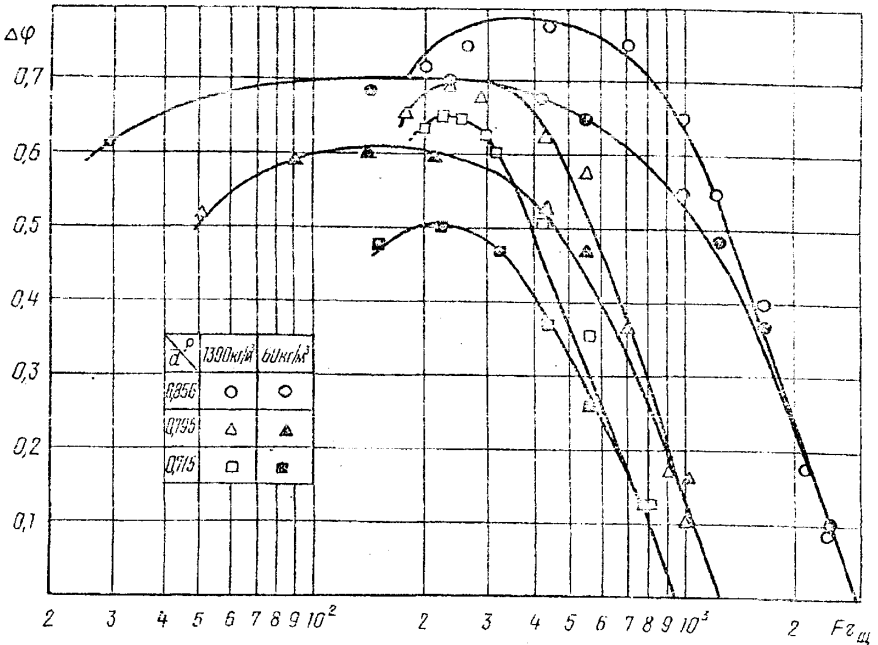


Рисунок 6 - Залежність виносної здатності кульових роздільників різної густини і відносного діаметру від критерію Фруда $Fr_{ц}$

В четвертому розділі приведено результати експериментальних досліджень пульсаційних характеристик потоку при сумісному русі кульового роздільника і газоріднинної суміші в трубопроводі.

Експлуатація трубопроводів, що транспортують газоріднинний потік спільно з роздільником, указує на наявність в цих системах пульсацій витрат і тиску, які знижують надійність і ускладнює роботу пристроїв.

Слід зауважити, що пульсації тиску при русі кульового роздільника по трубопроводу сприятимуть руйнуванню стінки трубопроводу, ослабленій корозією, і можуть призвести до появи нових свищів, які будуть додатковими джерелами витікання конденсату з газопроводу і формування ареалів забруднень ґрунту. Тому необхідні додаткові дослідження з метою визначення характеристик пульсаційного процесу для запобігання руйнуванню трубопроводу.

Експериментальні дослідження проводились на описаному дослідному стенді з застосуванням для фіксації тиску п'єзоелектричних первинних перетворювачів в комплексі з системою реєстрації "Dissa" (ФРН).

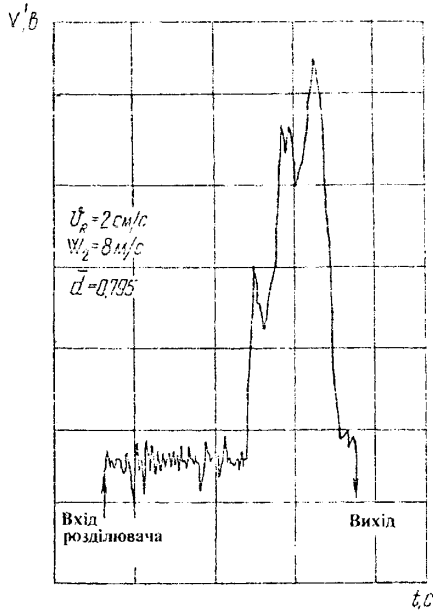


Рисунок 7 - Осцилограма пульсації напруги

В результаті для різних умов руху роздільника отримано осцилограми пульсації напруги, які за допомогою тарувальних кривих переводилися в пульсації тиску. Приклад осцилограми приведено на рисунку 7.

З аналізу осцилограм пульсації напруги виходить, що при роботі куль в зоні великих швидкостей абсолютні величини пульсації тиску мають максимальні значення і із збільшенням швидкості газу зростають. Оптимальні значення величини пульсації тиску відповідають максимальному винесенню рідини роздільниками з трубопроводу. Одержані величини пульсації тиску мають невеликі значення і в цілому не представляють особливої небезпеки при сумісному русі роздільника і газорідного потоку в рельєфному трубопроводі.

П'ятий розділ присвячено промисловим дослідженням процесу витиснення конденсату з промислових трубопроводів. Дослідження проводились на трубопроводах системи збору і транспортування продукції свердловин промислу Хрестищенського газоконденсатного родовища. Метою досліджень була промислова апробація запропонованого методу витиснення конденсату з промислових трубопроводів і встановлення закономірностей

інтенсивності поступлення рідкої фази в трубопроводи в часі їх експлуатації. З цією метою трубопровід очищували від рідкої фази кульовими розділниками, визначали його основні гідрогазодинамічні характеристики і спостерігали за їх зміною в процесі подальшої експлуатації.

Аналіз отриманих результатів показує, що у газопроводі під час проведення експерименту реалізовувався кінцевий режим шлину, а найбільші втрати тиску виникають на кінцевих ділянках трубопроводу і характеризуються наявністю великого числа місцевих опорів. Результати проміжних розрахунків і фактичних даних показують задовільні збіги теоретичних і фактичних параметрів. Впровадження періодичного витіснення рідкої фази з промислових трубопроводів на Хрестищенському ГКР дозволили підвищити гідравлічну ефективність з 67% до 89% та скоротити обсяг витоків продукції свердловин і формування аресалів забруднень

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень вирішено важливу науково-практичну задачу, яка полягає у встановленні факторів шкідливого впливу технологічних параметрів експлуатації системи збору і транспортування продукції газоконденсатних родовищ на довкілля, закономірностей формування аресалів забруднення ґрунту і розробці шляхів зменшення збитків, і відображається в наступних наукових положеннях і висновках:

1. Встановлено, що продукція свердловин газоконденсатного родовища при умовах в промислових трубопроводах є трьохфазним середовищем, газова фаза якого представлена природним газом, рідка - гетерогенною сумішшю пластової води і газового конденсату, тверда - винесеними з шласта частинками породи та продуктами внутрішньотрубної корозії. Середовище в промислових трубопроводах можна характеризувати як екологічно небезпечне, оскільки рідка і тверда фази при попаданні в ґрунт зменшують його проникність для води, знижують вміст гумусу, що призводить до втрати родючості.

2. Показано, що найбільш небезпечним в корозійному плані є пластова вода, тобто найбільша ймовірність виходу з ладу трубопроводу існує на першій ділянці транспортування – в безпосередній близькості від свердловини, де швидкість корозії досить значна, і зменшення товщини стінки, з урахуванням локалізації процесу та може становити від 1 до 1,25 мм/рік. Визначено основні чинники, які зумовлюють характер та швидкість перебігу процесів внутрішньої корозії трубопроводів, а саме – наявність відчутних механічних напружень, хімічний склад та рух корозійного середовища.

3. Виток конденсату та пластової води з промислових трубопроводів через нещільності, викликані внутрішньотрубною корозією, призводять до

формування аресалів забруднень, які за короткий проміжок часу здатні охопити значну територію. Встановлено, що аресал забруднення на поверхні ґрунту має форму еліпса, велика вісь якого співпадає з напрямком трубопроводу, і виявлено закономірності його розвитку в часі.

4. З метою зменшення обсягу витоків та забруднення ґрунтів, а також впливу перекачаного середовища на процеси внутрішньотрубно́ї корозії запропоновано періодичне витіснення рідкої та твердої фаз з трубопроводу гумовими кульовими розділювачами. Встановлено закономірності впливу технологічних параметрів процесу на ефективність витіснення колоїдної рідини з трубопроводу.

5. Проведено промислові випробування запропонованого методу очистки трубопроводів системи збору і транспортування продукції свердловин Хрестипенського газоконденсатного родовища. Результати випробувань підтвердили основні теоретичні і експериментальні положення запропонованого методу і показали його високу ефективність.

Основний зміст дисертації опубліковано в наступних працях:

1. Лопушанський А.Я. Особливості впливу газоконденсаторпроводів на довкілля // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. - 2005. - №6. - С.67-71
2. Семчук Я.М., Депутат Б.Ю., Лопушанський А.Я. Захист ґрунтових вод від сольового забруднення при експлуатації нафтогазоконденсатних родовищ. // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. - 2006. - №3. - С.48-52
3. Лопушанський А.Я., Палійчук Л.В. Математичне моделювання формування аресалу забруднень витоками конденсату з промислових трубопроводів. // *Збірник «Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ», Івано-Франківськ*. - №4 (17). - 2005. - С.106-108.
4. Лопушанський А.Я., Палійчук Л.В., Побережний Л.Я. Корозійно-механічна поведінка промислових газопроводів. // *Збірник «Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ», Івано-Франківськ, №1(18)*. - 2006. - С.40-48
5. Лопушанський А.Я., Малярчук Б.М. Пульсаційні характеристики потоку при русі кульового розділювача і газорідної суміші в трубопроводі. Матеріали 4-міжрегіональної наради "Екологічні і техногенні проблеми регіонів України в аспекті національної безпеки та шляхи їх вирішення". - Славськ. - 2006. - С. 71

АНОТАЦІЯ

Лопушанський А.Я. Раціональне обслуговування систем збору і транспортування продукції газоконденсатних родовищ з врахуванням екологічної безпеки. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 – Нафтогазопроводи, бази та сховища. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006.

Дисертація присвячена вивченню закономірностей протікання внутрішньокорозійних процесів в трубопроводах системи збору і транспортування продукції свердловин газоконденсатних родовищ. Їх впливу на механічні характеристики матеріалу труб, утворення корозійних свищів і формування ареалів забруднення ґрунтів. Для підвищення гідравлічної ефективності газоконденсатопроводів і зменшення шкідливого впливу системи на довкілля запропоновано проводити періодичне витиснення рідкої фази з трубопроводів кульовими роздільниками. Проведено серії експериментальних досліджень вивчення впливу швидкості руху кульових роздільників різної маси і діаметру на ефективність витиснення рідкої фази з трубопроводів. Встановлено, що при цьому узагальнюючим критерієм процесу слід вважати критерій Фруда для руху рідини в щілині між стінками трубопроводу і кульовим роздільником. Досліджено характер протікання пульсаційних процесів в трубопроводі при русі кульового роздільника і газорідинної суміші. Встановлено, що величина підвищення тиску в пульсаційному процесі не становить загрози експлуатації трубопроводів.

Проведено промисловий експеримент на трубопроводах системи збору і транспортування продукції свердловин промислу Хрестищенського газоконденсатного родовища, який показав, що результати прогнозних розрахунків і фактичних даних показують задовільні збіги теоретичних і фактичних параметрів. Впровадження періодичного витиснення рідкої фази з промислових трубопроводів на Хрестищенському ГКР дозволили підвищити гідравлічну ефективність з 67% до 89% та скоротити обсяг витоків продукції свердловин і формування ареалів забруднень.

Ключові слова: газоконденсатне родовище, система збору і транспортування продукції свердловин, корозійно-механічні показники міцності матеріалу труб, виток з трубопроводів, ареали забруднень, кульові роздільники, витиснення рідини.

АННОТАЦІЯ

Лопушанский А.Я. Рациональное обслуживание систем сбора и транспорта продукции газоконденсатных месторождений с учетом экологической безопасности. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.13 - Нефтегазопроводы, базы и хранилища. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа. Ивано-Франковск, 2006.

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

В первом разделе приводится краткая характеристика промыслов газоконденсатных месторождений и акцентируется внимание на влиянии их эксплуатационных показателей на экологическую безопасность региона. Проведен критический анализ литературных источников в разрезе исследуемых вопросов и обосновано выбор задач исследований.

Второй раздел посвящен изучению закономерностей протекание внутрикоррозийных процессов в трубопроводах системы сбора и транспорта продукции скважин газоконденсатных месторождений, их влияния на механические характеристики материала труб, образование коррозионных свищей и формирования ареалов загрязнения грунтов. Установлено, что уменьшение толщины стенки вследствие внутритрубной коррозии может достигать 0,125 – 1,25 мм/год в зависимости от химического состава среды и уровня напряжений, что способствует появлению свищей и истечения жидкой фазы в окружающую среду. При этом образуется ареал загрязнений, площадь поверхности которого достигает 125 -190 кв. м на конец первых суток и увеличивается до 655 - 980 кв.м на конец пятых суток.

В третьем разделе для повышения гидравлической эффективности газоконденсатопроводов и уменьшение вредного влияния системы на окружающую среду предложено проводить периодическое вытеснение жидкой фазы из трубопроводов шаровыми разделителями. Проведены серии экспериментальных исследований изучения влияния скорости движения шаровых разделителей разной массы и диаметра на эффективность вытеснения жидкой фазы из трубопроводов. Установлено, что при этом обобщающим критерием процесса следует считать критерий Фруда для движения жидкости в щели между стенками трубопровода и шаровым разделителем.

В четвертом разделе исследован характер протекания пульсационных процессов в трубопроводе при движении шарового разделителя и газожидкостной смеси. Установлено, что величина повышения давления в пульсационном процессе не составляет угрозы эксплуатации трубопроводов.

В пятом разделе приведено описание промышленного эксперимента на трубопроводах системы сбора и транспорта продукции скважин промысла Хрестищенского газоконденсатного месторождения, который показал, что результаты прогнозных расчетов и фактических данных показывают удовлетворительные совпадения теоретических и фактических параметров. Внедрение периодического вытеснения редкой фазы из промышленных трубопроводов на Хрестищенском ГКР разрешили повысить гидравлическую эффективность с 67% до 89% и сократить объем вытоков продукции скважин и формирование ареалов загрязнений.

Ключевые слова: газоконденсатное месторождение, система сбора и транспорта продукции скважин, коррозионно-механические показатели прочности материала труб, истечения из трубопроводов, ареалы загрязнений, шаровые разделители, вытеснение жидкости.

ANNOTATION

Lopushansky A. Ya. Rational maintenance of gathering facilities and transportation systems of products of gas condensate fields taking into account ecological safety. – manuscript.

Thesis to gain a science degree of a Candidate of Technical Sciences according to the major 05.15.13 – Oil and Gas Pipelines, Farms and Storages. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2006.

The Thesis is devoted to the investigation of internal corrosive process regularity in the pipelines of gathering facilities and transportation system of the products from drilling wells of gas condensate fields; the influence of this process on mechanical characteristics of pipeline material; corrosive fistulization and arcal formation of soil pollution. To increase the hydraulic effectiveness of gas condensate pipelines and decrease harmful influence of system on environment there have been offered to conduct periodical displacement of liquid phase from the pipelines by ball separator. A number of experimental research have been conducted to investigate the influence of movement velocity of ball separators with different weight and diameter on the effectiveness of liquid phase displacement from pipelines. It has been determined that by the resumptive criterion of the process we should consider the Criterion of Fruda for liquid movement into the chinks between pipeline walls and ball separator. The character of the pulsating process procedure in the pipeline during the movement of ball separator and gas-liquid mixture has been studied. As a resut, it has been determined that the value of pressure increase in pulsating process doesn't threaten pipeline exploitation.

Industrial experiment has been conducted on the pipelines of gathering facility and transport product system of production wells of Khrystyshchenske gas condensate field. This experiment proves that forcast calculation results and real data have shown a satisfactory coincidence of theoretical and factual parameters. The application of periodical liquid phase displacement from industrial pipelines at Khrystyshchenske gas condensate field permits to increase the hydraulic effectiveness from 67% to 89% and reduces the leakage amount of well products and formation of pollution areals.

Key words: gas condensate field, gathering facility and transport system of well products, corrosive-mechanical indices of pipeline material toughness, pipeline leakage, pollution areals, ball separators, liquid displacement.



as1099

