

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ НА ГІДРАВЛІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ МІЖПРОМИСЛОВИХ ГАЗОПРОВОДІВ

*В.Б. Воловецький, О.М. Щирба, Український науково-дослідний інститут природних газів, Україна*

Подано результати промислових досліджень гідравлічної ефективності двох міжпромислових газопроводів. За результатами цих досліджень сформульовано основні чинники, що призводять до зниження гідравлічної ефективності. Ретельний моніторинг розглянутих чинників дасть змогу підтримувати гідравлічну ефективність на високому рівні та не допустити зменшення обсягів протранспортованого газу.

Під час розробляння газоконденсатних родовищ на виснаження у свердловинах відбувається поступове зниження пластових тисків та дебітів. Через це свердловини можуть експлуатуватися на таких режимах, за яких наявний дебіт наближається або менший від мінімально-необхідного, що забезпечує стабільну роботу свердловин. Отже, за умови зниження швидкості газового потоку менше граничного значення спостерігають накопичення рідини як на вибої свердловини, так і у шлейфі. Це негативно впливає на забезпечення стабільного технологічного режиму експлуатації свердловин та на рівень видобутку вуглеводнів.

Окрім цього, експлуатування свердловин за умови поступового зниження робочих тисків має негативний вплив на забезпечення процесу низькотемпературної сепарації, який застосовують для промислового підготовляння газу на багатьох родовищах. Унаслідок цього може відбуватися погіршення ефективності процесу підготовляння газу через зниження робочих тисків, а також стає неможливим забезпечити оптимальні температурні режими низькотемпературної сепарації. Важливо зауважити, що в разі зниження робочих тисків, спостерігають зазвичай зміну продуктивності свердловини по газу і рідині, що може погіршити ефективну роботу сепараційного обладнання через змінення діапазону навантажень за газовою та рідинною фазами. Через це під час транспортування вуглеводневої сировини від однієї установки підготовляння газу до іншої у міжпромислових газопроводах виникають ускладнення, пов'язані з накопиченням рідини.

Актуальними залишаються питання очищення внутрішньої порожнини міжпромислових газопроводів від забруднень, основними з яких є рідинна фаза (вода та вуглеводневий конденсат), що потрапляють унаслідок механічного винесення разом із газом із сепараторів на установках підготовляння газу (УПГ). Рідина утворюється також за сприятливих термодинамічних умов унаслідок конденсування під час руху газу газопроводом. Важливим чинником, що впливає на накопичення рідини, є відсутність швидкісного режиму руху газового потоку. Унаслідок накопичення рідини у внутрішній порожнині газопроводів відбувається збільшення гідравлічного опору окремих ділянок, що є причиною збільшення додаткових втрат тиску.

На сьогодні проблему очищення газопроводів від води, вуглеводневого конденсату, механічних домішок найчастіше розв'язують за допомогою:

- пристроїв постійної дії (дрипи, розширювальні камери тощо);
- пристроїв періодичної дії (очищувальних поршнів, йоршів тощо);
- переведення газопроводу в режим самоочищення (продування газопроводу).

На газопроводах з профілем траси як із рівномірно прохідними ділянками, так і з наявністю багатьох місцевих опорів (трійники, відводи, розширення, звуження тощо) та понижених ділянок на практиці застосовують пристрої постійної дії. Для цього встановлюють різні конструкції дрипів, розширювальних камер, уловлювачів, дренажних трубок тощо.

Широкого вжитку набув метод очищення газопроводів очищувальними пристроями. У порівнянні з іншими методами він має такі переваги: простота, значна ефективність та

можливість автоматизувати процес [1]. Під час застосування цього методу є й певні ускладнення, що полягають у швидкому зношуванні робочих вузлів, можливості виникнення гідравлічних ударів і застрягання очищувального пристрою в трубі, а також у тому, що реалізація цього методу можливе тільки в газопроводах з рівнопрохідною арматурою та плавними переходами. Ураховуючи те, що міжпромислові газопроводи це непрямолінійні ділянки та вони мають значну кількість місцевих опорів (засувки, трійники, відводи, розширення, звуження тощо), висхідні та низхідні ділянки, існує небезпека застрягання очищувального пристрою. Тому такий метод для очищення міжпромислових газопроводів застосовувати недоцільно, адже для його використання потрібні певні умови [2].

Простим і доступним методом очищення газопроводів вважають продування зі зниженням тиску через відкритий переріз труби на амбар в атмосферу. Цей метод можна використовувати на газопроводах будь-якого діаметра. Однак у цього методу є такі недоліки, як втрати газу та забруднення довкілля. Через це на практиці застосовують продування зі зниженням тиску – переведенням газопроводу на менший вхідний тиск, що забезпечує збільшення швидкості газового потоку на певний період часу [3].

Для розв'язання проблеми очищення міжпромислових газопроводів треба з'ясувати причини надходження рідини, визначити її кількість. Це дасть змогу контролювати будь-яке зміння робочих параметрів під час експлуатування та своєчасно вживати заходи з очищення газопроводів. Від якості очищення внутрішньої порожнини газопроводів залежить його гідравлічна ефективність. Тому потрібно прагнути досягнути значення коефіцієнта гідравлічної ефективності газопроводу після очищення близько 1,0 (100 %). З практичного досвіду відомо, щоб досягнути високого значення коефіцієнта гідравлічної ефективності треба декілька разів застосовувати оптимальний метод з очищення внутрішньої порожнини газопроводу. У окремих випадках застосовують комбінацію різних методів у певній послідовності. Окреслена проблема є актуальною та пов'язана з вивченням гідродинаміки газорідних сумішей. Багато дослідників, зокрема Мамаєв В.А., Кутателадзе С.С., Телетов С.Г., Франкль Ф. І., Делей Ж.М., Марон В.І., Сахаров В.А., Мохов М.А., Капцов І.І., Одішарія Г.Є., Гусейнов Ч.С., Уолліс Г., Хьюїт Д., Холл-Тейлор Н., Баттерворс Д. та інші вивчали у своїх працях гідродинаміку газорідних сумішей. Аналізуючи роботи дослідників, можна зауважити, що об'єм забруднень у газопроводах, розрахований теоретичним шляхом, відрізняється від визначеного експериментально. Тому вказану проблему треба вивчати більш детально [4].

Дослідження гідравлічної ефективності виконувалось на двох міжпромислових газопроводах: один від УППГ Наріжнського НГКР до УКПГ-2 Юліївського НГКР, а другий від УКПГ-1 Скворцівського НГКР до УКПГ-2 Юліївського НГКР.

Фахівці УкрНДІгазу проаналізували роботу двох міжпромислових газопроводів згідно з фактичною інформацією з добових зведень у диспетчерській службі Юліївського ЦВНГК, а також із рапортів та журналів об'єктів видобування УППГ Наріжнського НГКР, УКПГ-1 Скворцівського НГКР та УКПГ-2 Юліївського НГКР протягом різних періодів року. Окрім цього використано інформацію із проектів розроблення родовищ. На основі наявної інформації сформовано електронну версію таблиці з вихідними даними. За результатами отриманої інформації визначено динаміку зміння тисків, температур (на початку та в кінці газопроводів), об'єм протранспортованого газу. Розраховано гідравлічну ефективність двох міжпромислових газопроводів Юліївського ЦВНГК.

Проведено розрахунки для визначення ефективності експлуатації міжпромислових газопроводів. Визначено швидкість газового потоку, теоретичний та фактичний коефіцієнт гідравлічного опору, гідравлічну ефективність та об'єм забруднень у внутрішній порожнині газопроводів у різний періоди року. На основі результатів розрахунків визначено періоди стабільної та нестабільної експлуатації міжпромислових газопроводів.

Треба зазначити, що результати розрахунків об'єму забруднень мають наближений характер, оскільки на практиці вимірювання об'єму рідини із внутрішньої порожнини газопроводу на вимірювальній лінії відрізняється від розрахункового. Так, спочатку

виміряли видобувні можливості свердловин на вимірювальних лініях на УППГ Наріжниського НГКР та УКПГ-1 Скворцівського НГКР, при цьому визначали об'єм газу, вуглеводневого конденсату та пластової води. Після цього відбирали газ, що надходить у міжпромислові газопроводи для визначення компонентного складу, густини, точки роси за вологою та за вуглеводнями. На підставі цього визначали об'єм рідини, яку видобувають на технологічних установках та яка надходить у міжпромислові газопроводи разом із газом під час транспортування. У подальшому здійснювали промислові дослідження з вимірювання об'єму рідини, яку транспортують разом із газом на вимірювальній лінії УКПГ-2 у сепараторах ГЗ-1, ГЗ-2 та розділювачах РЗ-1, РЗ-2. Таким чином, визначали об'єм рідини, як розрахунковим, так і дослідним шляхом. Так, за результатами проведених експериментальних досліджень об'єм накопичених забруднень у міжпромислових газопроводах був більший за розрахунковий на 6 % – 15 %.

З огляду на викладене вище, на підставі аналізування фактичних даних експлуатування міжпромислових газопроводів, чисельних розрахунків різних величин та промислових досліджень доцільно сформулювати основні чинники, що негативно впливають на коефіцієнт гідравлічної ефективності, а саме:

1) попадання забруднень зазвичай у внутрішню порожнину під час споруджування міжпромислового газопроводу, зокрема виконання будівельно-монтажних робіт;

2) змінення об'єму транспортованого газу через зменшення дебіту внаслідок різних причин як однієї, так і групи свердловин, що їх експлуатують на установці підготовляння газу, а потім цей газ подають у міжпромисловий газопровід;

3) зниження якості підготовляння газу і як наслідок винесення рідини (пластової води із домішками метанолу, солей, глини, піску, продуктів корозії труб та вуглеводневого конденсату) газовим потоком із сепараторів у міжпромисловий газопровід, виникнення залпових викидів унаслідок порушення технологічного режиму установки підготовляння газу;

4) конденсація рідини у внутрішній порожнині за певного температурного режиму газу в газопроводі;

5) змінення стану внутрішньої поверхні труб газопроводу – шорсткість труб (змінюється за умов: тертя газового потоку об внутрішні поверхні труб через наявність твердих частинок, налипання пірофорних відкладів, змочування стінок труби вуглеводневим конденсатом і налипання твердих частинок тощо);

6) корозія внутрішньої поверхні стінки труби спричинена різними чинниками (наявність у складі газу агресивних компонентів: сірководню, вуглекислого газу, кислот тощо);

7) профіль траси – висхідні та низхідні ділянки, природні та штучні перешкоди;

8) місцеві опори – відводи, переходи, трійники, розширення, звуження, зварні стики, термокишені, а також перекивна арматура (засувки, шарові крани, кутові вентиля) тощо;

9) гідратуутворення внаслідок змінення термодинамічних властивостей під час транспортування газу;

10) зниження швидкості газового потоку внаслідок накопиченої рідини (пластової та конденсаційної води, вуглеводневого конденсату, метанолу) у понижених ділянках;

11) нерівнопрохідність газопроводу (переходи діаметрів) сприяє зниженню температури;

12) змінення тиску в газопроводі споживача (зростання) призводить до змінення тиску на всій ділянці руху газу від устя свердловини до установки підготовляння газу, а в подальшому відповідно до початкового та кінцевого тиску у міжпромисловому газопроводі, що може негативно вплинути на об'єм протранспортованого газу, знижуючи його;

13) фізико-хімічні характеристики транспортованої продукції (компонентний склад, густина, температура точки роси за вологою та за вуглеводнями);

14) матеріал газопроводу (марка сталі) та стан внутрішнього покриття, виконаного за заводських умов;

15) вплив температури довкілля у разі проходження міжпромислового газопроводу надземними ділянками;

- 16) надходження рідини з іншого міжпромислового газопроводу;
- 17) фактичний діаметр міжпромислового газопроводу значно більший необхідного;
- 18) залпові викиди рідини із внутрішньої порожнини міжпромислового газопроводу на установку підготовки газу.

Під час промислових досліджень встановлено, що накопичення рідини у понижених ділянках міжпромислового газопроводу створює додаткові місцеві опори, які негативно впливають на забезпечення потрібної швидкості газового потоку для винесення водоконденсатної суміші, а в окремих випадках – до зниження об'єму протранспортованого газу або ж припинення транспортування взагалі. Окрім цього, мають місце гідратуутворення на різних ділянках міжпромислового газопроводу, які можуть сягати значної довжини. Важливим є те, що гідрати природних газів хоча і є твердими кристалічними сполуками, але змінення термобаричних умов призводить до їх розкладання. Однак, якщо певні термобаричні умови зберігаються, відклади гідратів у газопроводі можуть перебувати тривалий час.

Отже, подані ускладнення безумовно мають великий вплив на гідравлічний опір міжпромислового газопроводу і призводять до зниження гідравлічної ефективності та відповідно пропускної здатності. Наслідком цих ускладнень є значні втрати тиску по довжині газопроводу.

Аналізування причин утворення рідинних забруднень у порожнині двох міжпромислових газопроводів свідчить про можливість їх появи внаслідок:

- механічного крапельного винесення рідини із сепаратора;
- конденсування рідини з газового потоку за сприятливих термодинамічних умов трасою промислового газопроводу.

За результатами розрахунків та досліджень встановлено причину потрапляння рідини в міжпромислові газопроводи через те, що на УППГ Наріжнського НГКР та УКПГ-1 Скворцівського НГКР відбувається одноступеневе сепарування газу. Окрім цього, можливі залпові викиди рідини із сепараторів у міжпромисловий газопровід.

Очевидно, рідина вода та вуглеводневий конденсат є основними чинниками, що знижують пропускну здатність міжпромислових газопроводів. Підвищення гідравлічної ефективності міжпромислових газопроводів можна досягти високоякісним підготовлянням газу відповідно на УППГ Наріжнського НГКР та УКПГ-1 Скворцівського НГКР, а також ефективним очищуванням внутрішньої порожнини газопроводів різними методами.

Слід сказати, що окрім рідини на роботу міжпромислових газопроводів негативно впливає гідратуутворення. Відкладання гідратів спостерігають на різних відстанях по міжпромислових газопроводах. Часто гідратуутворення спостерігають у другій половині ділянки газопроводів або на відстані близько одного, двох кілометрів від УКПГ-2 Юліївського НГКР, що зумовлено зниженням температури газового потоку через наявність багатьох місцевих опорів і відповідно створенням певних умов. Для запобігання гідратуутворенню подають інгібітор гідратуутворення різними способами. Так, наприклад, подають інгібітор гідратуутворення за допомогою дозувальних насосів, пересувного насосного агрегату в потік газу за напрямком руху газового потоку, за умови зниження тиску в газопроводі, або навпаки його зростання після зупинення потоку на певний період часу.

Для своєчасного виявлення ускладнень пов'язаних, як із накопиченням рідини, так і з гідратуутворенням персонал технологічних установок фіксує тиск, температуру та об'єм транспортованого газу і записує в рапорт та журнал. За наявними даними виконують розрахунки для визначення таких параметрів: швидкість газового потоку, гідравлічна ефективність, втрати тиску по довжині. Таким чином, фахівці промислу аналізують робочі параметри міжпромислових газопроводів, а також результати розрахунків, що дає змогу своєчасно вживати різних заходів для запобігання ускладненням та боротьби з ними.

У подальшому для стабільної експлуатації міжпромислових газопроводів рекомендовані такі заходи:

– для оперативного контролювання параметрів експлуатації міжпромислових газопроводів на початку та в кінці доцільно встановити датчики тиску і температури з отриманням робочих параметрів на автоматизованому робочому місці диспетчера (АРМ). Це дасть змогу відслідковувати змінення термобаричних параметрів та своєчасно вживати заходи для запобігання можливим ускладненням;

– створити електронний журнал, наприклад, у файлі MS Excel, у який вносити фактичні дані тиску і температури та об'єм газу, щодобово протранспортованого міжпромисловими газопроводами. Це дасть змогу слідкувати за динамікою змінень параметрів роботи міжпромислових газопроводів та переглядати архівні дані;

– за фактичними даними тиску і температури побудувати залежність зміни параметрів по довжині міжпромислових газопроводів при стабільній і нестабільній їх роботі. У випадку зниження параметрів встановити ймовірні причини цих ускладнень;

– розробити програмне забезпечення для визначення основних параметрів ефективної експлуатації міжпромислових газопроводів (швидкості газового потоку, коефіцієнта гідравлічного опору теоретичного та фактичного, гідравлічної ефективності) та з подальшим встановленням на комп'ютер диспетчера для проведення розрахунків у реальному часі;

– модернізувати сепараційне обладнання на УППГ Наріжнрянського НГКР та УКПГ-1 Скворцівського НГКР встановленням додаткового або заміненням на нове згідно з виконаними техніко-економічними розрахунками.

#### Список літератури

1. Ковалко М.П. Трубопровідний транспорт газу / М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків, Д.Ф. Тимків, Л.С. Шлапак, О.М. Ковалко; за редакцією М.П. Ковалка. – Київ : Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. – 600 с.

2. Воловецький В.Б. Способи очищення внутрішньої порожнини шлейфів газових та газоконденсатних свердловин / В.Б. Воловецький, О.Ю. Витязь, В.І. Коцаба, О.М. Щирба // Нафтогазова енергетика – 2015. – Вип. 2 (24). – С. 32-43.

3. Воловецький В.Б. Дослідження гідравлічної ефективності міжпромислового газопроводу від УППГ Наріжнрянського ГКР до УКПГ 2 Юліївського НГКР / В.Б. Воловецький, О.Ю. Витязь, О.М. Щирба, В.І. Коцаба, Н.М. Коцаба / Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – 2012. – Вип. 3 (44). – С. 158–165.

4. Воловецький В.Б. Аналіз причин зниження гідравлічної ефективності міжпромислових газопроводів та вибір способів її підвищення / В.Б. Воловецький, О.М. Щирба, О.Ю. Витязь, Я.В. Дорошенко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – Вип. 3 (48). – С. 147–155.