

Л.Н. Ширін, А.Д. Литвин

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ВИДОБУТКУ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ГАЗУ В УМОВАХ ПРОЛЕТАРСЬКОГО ПСГ

*За результатами досліджень процесів видобування, підготовки та транспортування природного газу встановлено умови утворення газових кристалогідратів. Доведено, що кристалічні з'єднання компонентів природного газу з водою призводять до дуже небажаних технічних та технологічних наслідків. Для діагностики газопроводів рекомендовано впровадити програмно-технічний комплекс безпроводного контролю параметрів газозбірної системи.*

---

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА В УСЛОВИЯХ ПРОЛЕТАРСКОГО ПХГ

*По результатам исследований процессов добычи, подготовки и транспортировки природного газа установлены условия образования газовых кристаллогидратов. Доказано, что кристаллические соединения компонентов природного газа с водой приводят к весьма нежелательным техническим и технологическим последствиям. Для диагностики газопроводов рекомендуется внедрить программно-технический комплекс беспроводного контроля параметров газосборной системы.*

---

### INCREASING OF GAS EXTRACTION AND TRANSPORTATION SYSTEMS EFFECTIVENESS IN CONDITIONS OF PROLETARSKYI UNDERGROUND GAS STORAGE FACILITY

*According to the research results of natural gas extraction, preparation and transportation processes conditions of gas crystalline hydrates are determined. It is proved that crystalline connections of natural gas components with water lead to unacceptable technical and technological consequences. It is recommended to implement software and hardware complex of wireless survey of gas-gathering system parameters for diagnostics of gas pipelines.*

---

#### ВСТУП

З розвитком газодобувної промисловості з'явилась проблема газових гідратів, які ускладнюють технологію добування, транспортування, зберігання та переробки газу в Україні. Вартість методів попередження та ліквідації гідратів в системах видобутку та транспорту газу зростає. За

умов існуючих методів боротьби з гідратами, витрати пов'язані з попередженням гідратоутворення, досягають 30% собівартості транспортованого газу.

Через невирішену проблему попередження гідратоутворення при низькотемпературній обробці газу фактична температура процесів нерідко перевищує проектну, внаслідок чого з газу недостатньо по-

вно відокремлюється рідина. Наявність у газі вологи, рідких вуглеводнів, агресивних і механічних домішок знижує пропускну здатність газопроводів, збільшує витрату інгібіторів, посилює корозію. Все це знижує надійність роботи газозбірної системи, збільшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій.

В умовах Пролетарського підземного сховища газу (ПСГ) вирішення питань попередження гідратоутворення є актуальним для газової промисловості регіону, а розробка новітніх технологій дозволить поліпшити екологічну характеристику і показники ефективності роботи систем видобутку та транспортування газу.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах сьогодення балансовий фонд свердловин Пролетарського ПСГ складає 302 одиниці. Для обв'язки свердловин застосована променева система збору. Природний газ від кожної свердловини по шлейфах надходить до вузлів відключаючих пристроїв, де проходить через штуцера для регулювання дебіту свердловини (ШР-12) та надходить в загальний колектор. Шлейфи свердловин прокладені в коридорах по 3 – 7 трубопроводів з використанням труб діаметром 114×7 та 89×5,5 мм. Довжини шлейфів коливаються від 300 до 2400 м і мають загальну довжину 105,3 км.

Параметри роботи шлейфів свердловин перебувають у таких межах: тиск коливається від 115 кгс/см<sup>2</sup> на початку періоду відбору і до 50 кгс/см<sup>2</sup> в кінці. Через те що глибина прокладення коридорів шлейфів знаходиться нижче глибини промерзання ґрунту, то температура шлейфів не опускається нижче 0 °С і знаходиться в межах 7 – 20 °С.

Відбір газу здійснюється за допомогою експлуатаційно-нагнітальних свердловин. Підготовка газу до подальшого транспортування здійснюється на установках первинної підготовки газу (УППГ) та установках комплексної підготовки газу (УКПГ) за

схемою низькотемпературної сепарації (НТС).

Технологічний процес НТС призначений для відділення, при низьких температурах із потоку газу конденсату і вологи. На установці низькотемпературної сепарації низькі температури досягаються за рахунок використання дросель-ефекту.

Склад та фізико-хімічна властивість газу, що відбирається, змінюється кожний сезон відбору. Він залежить від тієї продукції, яка закачується в літній період, і від властивостей відпрацьованих покладів.

Джерелами забруднення газопроводів є багатокомпонентна суміш, яка складається з пластової, конденсаційної та поверхневої вод, вуглеводневого конденсату, емульсій, механічних домішок, мінеральних масел, органічних кислот, солей дво- і тривалентного заліза, метанолу і гліколів.

У процесі видобування, підготовки та транспортування природного газу, за наявності певних умов, компоненти природного газу та домішки, що містяться в ньому (наприклад, волога), можуть переходити в рідкий та твердий стан, а також утворювати досить стабільні в даних умовах тверді хімічні сполуки – газові кристалогідрати або кригу. Можливість існування кристалічних з'єднань компонентів природного газу з водою в свердловинах, газопроводах, іншому обладнанні призводить до дуже небажаних технічних і технологічних наслідків. Виникаючи у внутрішніх порожнинах газового обладнання, ці утворення можуть ускладнити і навіть виключити можливість руху природного газу, що в свою чергу призводить до аварійної ситуації та виходу з ладу технологічного обладнання.

Для підвищення гідравлічної ефективності та надійності роботи газопроводів провадиться періодична продувка й очищення внутрішньої порожнини трубопроводів. На наземному обладнанні газопроводу використовується підігрів зони гідратоутворення за допомоги пересувної парової установки (ППУ).

Гідравлічна ефективність газопроводу на довільний момент часу експлуатації оцінюється коефіцієнтом гідравлічної ефективності  $E$ , що є відношенням фактичної пропускної здатності до її проектної величини:

$$E = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{теор}}} > 1,$$

де  $Q_{\text{факт}}$  – фактична пропускна здатність газопроводу;

$Q_{\text{теор}}$  – теоретична пропускна здатність.

$$Q_{\text{факт(теор)}} = 3,26 \cdot 10^{-7} \cdot d^{25} \sqrt{\frac{P_n^2 - P_k^2}{\lambda \Delta z T_{\text{сеп}} L}}.$$

Гідравлічна ефективність газопроводу знижується за рахунок збільшення фактичного гідравлічного опору, тому вона з урахуванням попередньої формули може бути знайдена з виразу:

$$E = \sqrt{\frac{\lambda_{\text{теор}}}{\lambda_{\text{факт}}}}.$$

Експериментально доведено, що причинами зниження ефективності газопроводу є наявність в порожнині свердловини малов'язких рідких відкладень – води і газового конденсату. Причиною їх появи є некондиційність підготовки газу до транспортування (тобто висока температура точки роси).

За наявності великої кількості рідини і невеликих швидкостей рідина знаходиться в трубопроводі у вигляді гідратних пробок. Під час руху вони відіграють роль місцевих опорів.

Втрати тиску в місцевому опорі визначають за формулою:

$$\Delta P = \xi \rho \frac{\omega^2}{2},$$

де  $\xi$  – коефіцієнт місцевого опору.

При розрахунках ці втрати не враховують, але при експлуатації свердловин відбувається винос вологи, яка при прохо-

дженні в верхній частині насосно-компресорних труб, фонтанній арматурі і далі в шлейфах конденсується та сприяє утворенню гідратних пробок. Як наслідок, збільшується гідравлічний опір і знижується гідравлічна ефективність газопроводу.

Відомо, що на початку етапу гідратоутворення газ починає дроселювати в місці утворення гідрату і його температура значно знижується, що призводить до зниження температури та ще більшої швидкості утворення гідрату. Також процес гідратоутворення відбувається зі зміною тиску до та після зони гідратоутворення. За результатами аналізу роботи діючих свердловин Пролетарського ПСГ встановлено, що основні втрати тиску відбуваються за рахунок сил тертя потоку газорідинної суміші зі стінками викидних ліній. Вагомим фактором, який спричиняє збільшення втрат тиску, є утворення гідратів у шлейфах свердловин.

Для своєчасного виявлення початку гідратоутворення у шлейфах свердловин горизонту М-7 та виконання заходів по його усуненню на ПСГ періодично проводять аналіз показників і розрахунків щодо визначення зон утворення гідратів.

Згідно з галузевою методикою [2] температура гідратоутворення визначається за формулою Баррера – Стюарта

$$t_p = 18,47 \cdot \lg P_p - B + 273,$$

де  $P_p$  – тиск гідратоутворення;

$B$  – коефіцієнт, який залежить від умовної приведенної густини газу.

За знайденими значеннями  $t_{p.n.}$  і  $t_{p.k.}$  в одній системі координат будуються графік розподілу температури за довжиною шлейфу, а також рівноважна крива гідратоутворення.

По графіку зміни температури за довжиною шлейфу визначається можливе місце гідратоутворення в шлейфі. Слід відзначити, що на установках низькотемпературної сепарації температура нерідко перевищує проектну. З метою забезпечення

безаварійної роботи газозбірної системи Пролетарського ПСГ виникла необхідність впровадження новітніх технологій для контролю за температурою та тиском газу на фонтанних арматурах.

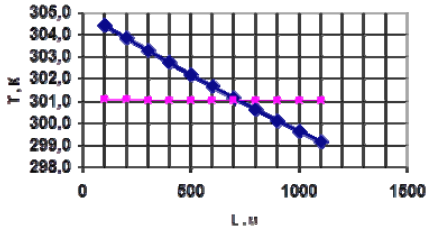


Рис. 1. Графік зміни температури за довжиною шлейфу та лінія гідратуутворення

За результатами аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду в галузі забезпечення безаварійної роботи газозбірних систем була виконана експертна оцінка сучасних засобів діагностики і контролю режимів роботи газопроводів. Для уникнення аварійних ситуацій у зв'язку з повним гідруванням шлейфа та гирла свердловини було рекомендовано впровадити на Пролетарському ПСГ програмно-технічний комплекс безпроводного контролю параметрів газозбірної системи з використанням датчиків фірми Fisher 3051, який дозволить:

- в режимі реального часу визначати тиск та температуру газу безпосередньо на фонтанній арматурі свердловин з диспетчерської;

- виконувати оперативний контроль за параметрами роботи окремо по кожній свердловині;

- визначати місце та початок гідруванням в газозбірній системі;

- підвищити точність і достовірність показів датчиків;

- оперативно приймати рішення про подальші дії при виникненні аварійної ситуації.

На рис. 2 наведена принципова схема роботи модулів контролю температури і тиску, а на рис. 3 схема їх встановлення.

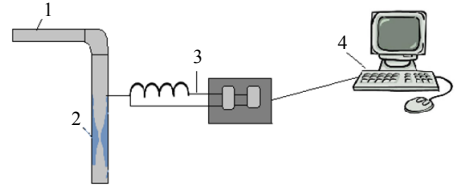


Рис. 2. Схема роботи модулів контролю температури: 1 – трубопровід; 2 – місце утворення гідрату; 3 – модуль температури (тиску); 4 – модуль процесора; 5 – модуль радіоканалу; 6 – диспетчерська

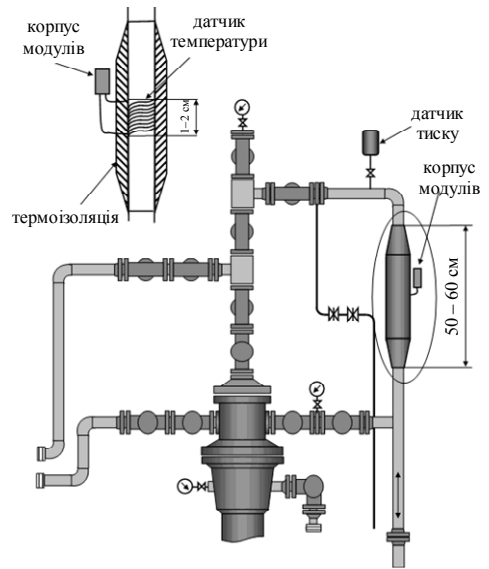


Рис. 3. Схема встановлення датчиків на фонтанній арматурі свердловин

Принцип роботи датчика температури (рис. 2) полягає в тому, що при зміні температури навколишнього середовища змінюється опір електрода 1 (від 50 до 100 Ом) перетворювач сигналу 2 перетворює його значення в електричний сигнал у діапазоні 4 – 20 мА. Електричний сигнал подається на модуль радіоканалу 3. Модуль радіоканалу перекодує отримані значення в звичайний цифровий сигнал і за допомогою радіосигналу передає дані в диспетчерську. Покази цих датчиків необхідно вивести на

монітор комп'ютера в диспетчерській службі. Як датчики тиску використаємо прилади Fisher 3051. Оскільки модулі працюють на низькому рівні напруги, то живлення цих датчиків забезпечується звичайними елементами АА (лужні або NiCd).

Перевагою даної системи є відносно невелика вартість датчиків, мінімальний час встановлення датчиків у зв'язку з відсутністю кабельних ліній та відсутність проведення вогневих і газонебезпечних робіт при встановленні датчиків.

## ВИСНОВКИ

Неможливо уникнути процесу гідратування в газозбірній системі, тому попередження його є вимушеною і необхідною частиною під час роботи ПСГ як при відборі, так і при закачуванні газу. Об'єм газу й інгібіторів гідратування, що використовуються при боротьбі з гідратами, є значним, а тому необхідно працювати в напрямі розробки нових методів попередження цього явища й отримання більш економічного ефекту.

Запропонований метод є дієвим і ефективним, а також цікавий тим, що впровадження цього методу не потребує великих капіталовкладень та часу. Завдяки простоті

його введення в дію на фонтанній арматурі свердловин не потребує допомоги сторонніх організацій, бо встановлення датчиків, створення й оптимізацію програмного забезпечення можна виконати власними силами.

Постійний контроль за температурою та тиском газу на фонтанній арматурі забезпечує вчасне й оперативне реагування на будь-які зміни цих параметрів, що призводить до безаварійної роботи газозбірної системи та зменшує трудовитрати обслуговуючого персоналу.

Швидке та систематизоване надходження інформації про параметри роботи газозбірної системи до диспетчерської дозволить отримувати повну і достовірну інформацію щодо режимних параметрів газозбірної системи і занесення їх в електронні журнали в автоматизованому режимі.

Застосування форсунки, яка розпилює метанол, значно підвищить якість процесу боротьби з гідратуванням та призведе до скорочення витрат метанолу.

Впровадження системи безпровідного контролю параметрів роботи газозбірної системи та застосування розпилюючої форсунки є доцільним та велими актуальним на Пролетарському ПСГ.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование / Ю.Ф. Макогон. – М.: Недра, 1985. – 232 с.
2. СТП 320.30019801.018-2000. Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів.
3. Розгонюк В.В. Довідник працівника газотранспортного підприємства / [Розгонюк В.В., Руднік А.А., Коломєєв В.М. та ін.]. – К.: Росток, 2001.
4. Химко М.П. Довідник інженера диспетчерської служби / [Химко М.П., Дацюк А.В., Фролов В.А., Пономарьов Ю.В.]. – К.: ВАТ УЦЕБОПнафтогаз, 2007.

5. Технологічний регламент установки відбору і підготовки газу до транспортування на Пролетарському ПСГ, с. Пролетарське, 2008.

## ПРО АВТОРІВ

Ширін Леонід Никифорович – д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних систем і технологій Національного гірничого університету.

Литвин Аліна Дмитрівна – м.н.с. кафедри транспортних систем і технологій Національного гірничого університету.

