

## **АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ МЕТАНОЛУ ПО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКАХ УСТАНОВОК НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ ГАЗУ**

Підготовляння вуглеводневої сировини до транспортування, як правило, супроводжується процесом гідратуутворення. Нині на підприємствах України для попередження гідратуутворення здебільшого використовують метанол. Метанол, завдяки високій летючості парів, забезпечує більш надійний безгідратний режим роботи обладнання в порівнянні з нелеткими антигідратними реагентами (зокрема, гліколями). Однак на практиці фактична витрата метанолу на газодобувних підприємствах часто завищена (у ряді випадків на 15 - 20% і більше) через його нераціональне використання [1-4]. Тому актуальним завданням є визначити та підтримувати раціональну витрату інгібітору, з урахуванням його розчинності у газі, воді та рідких вуглеводнях.

Метою даної роботи є аналіз розподілу інгібітора гідратуутворення метанолу по вхідних та вихідних потоках різних варіантів установок підготовки газу з використанням низькотемпературної сепарації.

Проведено моделювання роботи установок підготовки газу за технологією низькотемпературної сепарації (НТС) за 4 варіантами:

Варіант 1 – НТС з охолодженням газу завдяки ефекту Джоуля-Томпсона;

Варіант 2 – компримування газу від свердловин за допомогою ДКС + НТС з охолодженням газу завдяки ефекту Джоуля-Томпсона;

Варіант 3 – компримування газу від свердловин за допомогою ДКС + НТС з охолодженням газу завдяки роботі турбодетандерного агрегату;

Варіант 4 – компримування газу від свердловин за допомогою ДКС + НТС з охолодженням газу завдяки роботі установки штучного холоду (пропанової холодильної установки).

Моделювання виконано з використанням стимулятора Aspen Hysys компанії Aspen Tech, при розрахунках в якості базового вибрано пакет рівнянь стану Пенга-Робінсона. Для різних варіантів установок підготовки газу вибрано ідентичні об'єми видобувного газу, конденсату, супутньо-пластової води (СПВ): дебіт газу – 200000 ст м<sup>3</sup>/добу, дебіт конденсату – 20 тн/добу, СПВ – 2 т/добу та ідентичні об'єми вприску метанолу: на усті свердловини – 100 л/добу (0,0599 т/добу), на вузлі вхідних ниток свердловин УКПГ – 100 л/добу (0,0599 т/добу), перед теплообмінним апаратом УКПГ – 100 л/добу (0,0599 т/добу).

Точка А – Устя свердловини

Точка Б – Вузол вхідних ниток

Точка В – Вхід в теплообмінник

В якості вихідних потоків з УКПГ розглянуто:

- Точка 1 – вихідна лінія газу з УКПГ в магістральний газопровід;
- Точка 2 – вихідна лінія газу із розділювача I ступені сепарації (R-1);
- Точка 3 – вихідна лінія конденсату із розділювача I ступені сепарації (R-1);
- Точка 4 – вихідна лінія СПВ із розділювача I ступені сепарації (R-1);
- Точка 5 – вихідна лінія газу із розділювача II ступені сепарації (R-2);
- Точка 6 – вихідна лінія конденсату із розділювача II ступені сепарації (R-2);
- Точка 7 – вихідна лінія СПВ із розділювача II ступені сепарації (R-2).

Вихідні дані моделювання:  $Q$  – витрати метанолу за добу, т/доба;  $C_1$  – кількість метанолу в продукції, % об.;  $C_2$  – кількість метанолу відносно загального об'єму рідини, % об. За допомогою технологічного моделювання встановлено:

1. Основна частина метанолу, що подається в систему для забезпечення безперебійної роботи установки відокремлюється на першій ступені сепарації та потрапляє у лінію виходу супутньо-пластової води із розділювача I ступені (близько 50% від всього метанолу, що використано), але відсоток метанолу у загальному потоці із розділювача R-1 незначний, що ставить під сумнів можливість повторного використання такого метанолу через низьку концентрацію, а також доцільність регенерації, знову ж таки через низький питомий вміст інгібітора.
2. Значна частина метанолу також відокремлюється в розділювачі II ступені, як у конденсатному відсіку R-2, так і у водяному відсіку даного апарату.
3. Відокремлення метанолу із потоку конденсату з розділювача II ступені є непростю задачею, адже вміст метанолу не більше 1% від загального об'єму рідини, також густина метанолу та густина газового конденсату близькі, що ускладнює їх розділення шляхом гравітаційного відстоювання.
4. Набільш потенційним потоком, звідки можливо зібрати метанол для повторного використання є потік супутньо-пластової води з розділювача II ступені, в наших варіантах розрахунків вміст метанолу в даному потоці до 30% від загального об'єму рідини. Даний потік можливо збирати в окремий.
5. Ємність зберігання і з неї насосами повторно подавати в точки вприску, але з більшою витратою, ніж для чистого метанолу, або ж направляти на установку регенерації метанолу, де завдяки значній різниці температури кипіння води і метанолу, виконати фракційну розгонку рідини і відокремити метанол від води.
6. Основна частина метанолу, що подається в систему для забезпечення безперебійної роботи установки відокремлюється на першій ступені сепарації та потрапляє у лінію виходу супутньо-пластової води із розділювача I ступені (близько 50% від всього метанолу, що використано), але відсоток метанолу у загальному потоці із розділювача R-1 незначний, що ставить під сумнів можливість повторного використання такого метанолу через низьку концентрацію, а також доцільність регенерації, знову ж таки через низький питомий вміст інгібітора.

**Таблиця 1 – Аналіз розподілу метанолу при роботі установок підготовки газу.**

| Варіанти<br>УКПГ з<br>НТС                      | Варіант 1    |                       |                       | Варіант 2    |                       |                       | Варіант 3    |                       |                       | Варіант 4    |                       |                       |
|------------------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Вихідні<br>потоків з<br>УКПГ                   | Q,<br>т/доба | C <sub>1</sub> ,<br>% | C <sub>2</sub> ,<br>% | Q,<br>т/доба | C <sub>1</sub> ,<br>% | C <sub>2</sub> ,<br>% | Q,<br>т/доба | C <sub>1</sub> ,<br>% | C <sub>2</sub> ,<br>% | Q,<br>т/доба | C <sub>1</sub> ,<br>% | C <sub>2</sub> ,<br>% |
| <b>Об'єм вприску метанолу</b>                  |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |
| Точка А                                        | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     |
| Точка Б                                        | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     |
| Точка В                                        | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     | 0,0599       | 33,3333               | –                     |
| Всього                                         | 0,1797       | 100,0000              | –                     | 0,1797       | 100,0000              | –                     | 0,1797       |                       | –                     | 0,1797       |                       | –                     |
| <b>Об'єм метанолу у вихідній лінії</b>         |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |
| Точка 1                                        | 0,0082       | 4,5632                | –                     | 0,0032       | 1,7807                | –                     | 0,0047       | 2,6155                | –                     | 0,0032       | 1,7807                | –                     |
| Точка 2                                        | 0,0001       | 0,0556                | –                     | 0,0001       | 0,0556                | –                     | 0,0001       | 0,0556                | –                     | 0,0001       | 0,0556                | –                     |
| Точка 3                                        | 0,0121       | 6,7334                | –                     | 0,011        | 6,1213                | –                     | 0,0186       | 10,3506               | –                     | 0,011        | 6,1213                | –                     |
| Точка 4                                        | 0,095        | 52,8659               | –                     | 0,0884       | 49,1931               | –                     | 0,1508       | 83,9176               | –                     | 0,0884       | 49,1931               | –                     |
| Точка 5                                        | 0,0006       | 0,3339                | –                     | 0,0004       | 0,2226                | –                     | 0,0002       | 0,1113                | –                     | 0,0004       | 0,2226                | –                     |
| Точка 6                                        | 0,0319       | 17,7518               | –                     | 0,0215       | 11,9644               | –                     | 0,0043       | 2,3929                | –                     | 0,0215       | 11,9644               | –                     |
| Точка 7                                        | 0,0318       | 17,6962               | –                     | 0,0551       | 30,6622               | –                     | 0,001        | 0,5565                | –                     | 0,0551       | 30,6622               | –                     |
| Всього                                         | 0,1797       | 100,0000              | –                     | 0,1797       | 100,0000              | –                     | 0,1797       | 100,0000              | –                     | 0,1797       | 100,0000              | –                     |
| <b>Загальний об'єм рідини у вихідній лінії</b> |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |
| Точка 4                                        | 2,024        | –                     | 4,6937                | 1,871        | –                     | 4,7247                | 2,152        | –                     | 7,0074                | 1,871        | –                     | 4,7247                |
| Точка 7                                        | 0,1087       | –                     | 29,2548               | 0,2776       | –                     | 19,8487               | 0,0056       | –                     | 17,8571               | 0,2776       | –                     | 19,8487               |
| <b>Загальний об'єм рідини у вихідній лінії</b> |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |              |                       |                       |
| Точка 3 -                                      | 18,52        | –                     | 0,0653                | 16,97        |                       | 0,0648                | 19,79        | –                     | 0,0940                | 16,97        | –                     | 0,0648                |
| Точка 6                                        | 3,191        | –                     | 0,9997                | 4,139        |                       | 0,5194                | 1,006        | –                     | 0,4274                | 4,142        | –                     | 0,5191                |

7. початкова частина метанолу також відокремлюється в розділювачі II ступені, як у конденсатному відсіку R-2, так і у водяному відсіку даного апарату.
8. Відокремлення метанолу із потоку конденсату з розділювача II ступені є непростю задачею, адже вміст метанолу не більше 1% від загального об'єму рідини, також густина метанолу та густина газового конденсату близькі, що ускладнює їх розділення шляхом гравітаційного відстоювання.
9. Найбільш потенційним потоком, звідки можливо зібрати метанол для повторного використання є потік супутньо-пластової води з розділювача II ступені, в наших варіантах розрахунків вміст метанолу в даному потоці до 30% від загального об'єму рідини. Даний потік можливо збирати в окремий.
10. Ємність зберігання і з неї насосами повторно подавати в точки вприску, але з більшою витратою, ніж для чистого метанолу, або ж направляти на установку регенерації метанолу, де завдяки значній різниці температури кипіння води і метанолу, виконати фракційну розгонку рідини і відокремити метанол від води.
11. Існує залежність кількості супутньо-пластової води, що потрапляє на другу ступінь сепарації УКПГ від тиску газу на усті свердловин та на I ступені сепарації. Чим більший тиск на I ступені сепарації, тим менше супутньо-пластової води потрапляє на II ступінь сепарації, оскільки дана вода більш ефективно відокремлюється в сепараторі I ступені.

Таким чином, на основі отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що найбільш перспективним напрямом роботи підвищення ефективності технології використання метанолу під час низькотемпературної сепарації підготовки газу та конденсату є розробка заходів щодо зниження втрат метанолу, зумовлених його виносом із супутньо-пластовою водою та розчинністю у нестабільному конденсаті на II ступені сепарації.

#### *Література:*

1. Sloan E. D. *Clathrate hydrates of natural gases* / E. Dendy Sloan. – [2-nd ed.]. – NY : Marcel Dekker, 1998. – 705 p.
2. *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. Principles and Practices. Fourth Edition* / Saeid Mokhatab, William A. Poe, John Y. Mak // Elsevier - 2018.
3. *Methanol as a hydrate inhibitor and hydrate activator* // Bjørn Kvamme, Juri Selvåg, Navid Saeidib, Tatiana Kuznetsova // *Physical Chemistry Chemical Physics journal* – 2018.
4. *Efficiency evaluation of using highly mineralized reservoir waters for preventing hydrate formation of natural gas in the conditions of Zakhidno-Radchenkivske gas-condensate field* / [Dmytrenko V., Zezekalo I., Vynnykov Yu., Manhura A.] // *Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2021. – Vol. 628– Article Number 012015 – 9 P. doi:10.1088/1755-1315/628/1/012015