

УДК 693.6.002.5

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ЄМНОСТІ КОМБІНОВАНОГО КОМПЕНСАТОРА ЗА РОБОТОЮ АКУМУЛЮВАННЯ РОЗЧИНУ ОДНОПОРШНЕВОГО РОЗЧИНОНАСОСА

В.Г. Михайлик, М.В. Шаповал, А.І. Криворот

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Сучасні однопоршневі розчинонасоси характеризуються високим рівнем ступеня пульсації $\delta \geq 25$ %. Це пов'язано у першу чергу через роботу розчинонасоса, який забезпечує подачу тільки в такті нагнітання. Застосування компенсаторів високої ефективності на напірній магістралі розчинонасоса забезпечить стабілізацію тиску та подачі в такті всмоктування.

Необхідно провести аналіз компенсатора розчинонасоса [1, 2] (рис.1), з визначення конструктивної повної ємності, приведеного об'єму до атмосферних умов V_{np} і корисного об'єму $V_{кор}$ розчину (об'єм рідини, що витискається газом (повітрям) з компенсатора під час процесу його повної розрядки, під час зниження тиску газу в такті всмоктування розчинонасосом). Тому застосування комбінованого компенсатора повинно забезпечити низький рівень ступеня пульсацій $\delta \leq 25$ %.

Добуток корисного об'єму на середній тиск газу в цьому діапазоні тисків визначає зовнішню роботу (енергію) акумулятора.

Під час конструювання та встановлення робочих параметрів компенсатора керуються в основному прагненням отримати мінімальну вагу і об'єм, тобто робочі параметри компенсатора повинні бути такими, щоб при мінімальному конструктивному його об'ємі та заданому мініимальному діапазоні тиску була досягнута максимальна корисна ємність (об'єм) компенсатора.

Якщо виходити з ізотермічного процесу, то приблизно в загальному випадку можна прийняти

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta p}{p}, \quad (1)$$

де ΔV – зміна об'єму газу (або накопиченого об'єму розчину); V – об'єм газу в компенсаторі; p і Δp – середній тиск, та зміна тиску газу.

Інтенсивність теплообміну газу в камерах компенсатора з його стінками та навколишнім середовищем будуть впливати матеріал і форма ємності компенсатора, а також фізичні властивості і параметри застосовуваного газу, властивості навколишнього середовища та інше.

Тому з (рис. 1, а) на основі властивостей ідеальних газів характеризується законами Бойля-Маріотта і Гей-Люссака.

В нашому випадку роботу компенсатора можна розділити на два режими: при тиску при якому відбувається акумулювання розчину за рахунок об'єму газу вільної камери до рівня тиску у замкненій; і режим при якому відбувається акумулювання розчину за рахунок об'єму газу вільної камери та замкненої при тиску вище тиску $p_{з.к.}$ тиску в замкненій камері.

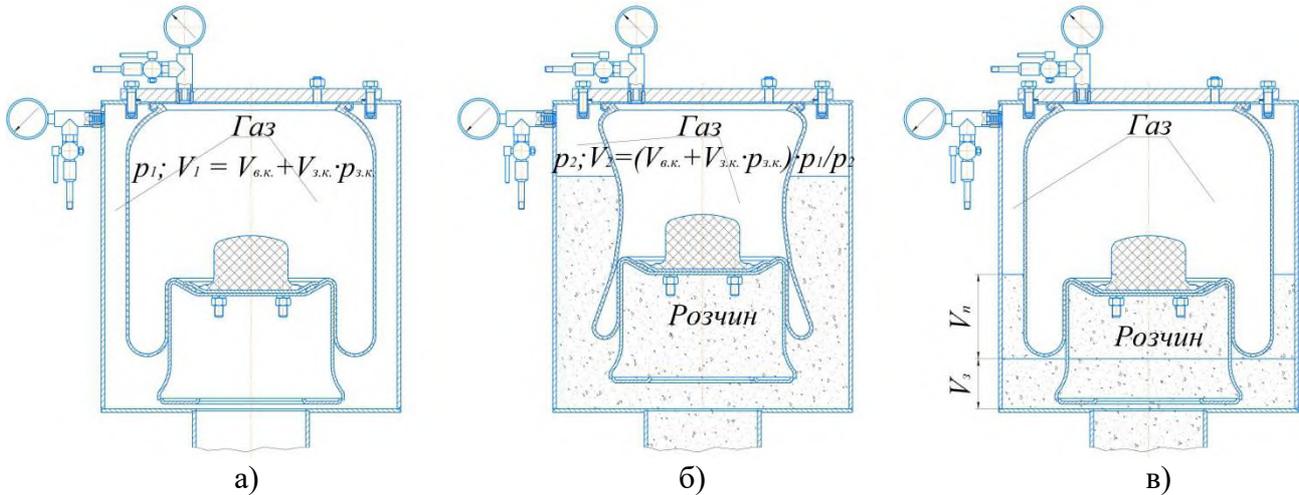


Рис. 2 Зображення роботи компенсатора: а) з початковим тиском у вільній камері; б) з тиском, який вище тиску у замкненій камері; в) процес стиснення газу від початкового $P_{поч}$ до мінімального робочого P_{min}

А тому для ізотермного процесу маємо

$$V_2 = V_1 \frac{p_1}{p_2}; \quad p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2}; \quad (2)$$

де p_1 і V_1 – початковий тиск і об’єм повітря до заповнення (заряджання) компенсатора розчином $V_1 = V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot p_{з.к.}$; $V_{в.к.}$ – об’єм вільної камери компенсатора; $V_{з.к.}$, $p_{з.к.}$ – об’єм та тиск замкненої камери компенсатора; p_2 і V_2 – кінцевий тиск і об’єм повітря в кінці заповнення (заряджання) компенсатора розчином.

Конструктивна ємність (повний об’єм вільної камери) V_k компенсатора рівний початковому об’єму ($V_1 = V_k$), корисний об’єм $V'_{кор}$ повітря рівний різниці об’ємів

Підставивши в у залежність (5) маємо

$$V'_{кор} = V_1 \cdot \left(1 - \frac{p_1}{p_2}\right) = V_k \cdot \left(1 - \frac{p_1}{p_2}\right) = (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot p_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{p_1}{p_2}\right), \quad (3)$$

Остання залежність справедлива за умови повного витіснення розчину з вільної камери компенсатора при його розрядці.

На практиці тиск p_1 прийнято називати початковим (попереднім) тиском зарядки компенсатора повітряного і позначати $P_{поч}$ і тиск p_2 – максимальним робочим тиском в кінці зарядки розчином і позначаємо P_{max} .

У відповідності з цим останній вираз прийме вид

$$V'_{кор} = V_k \cdot \left(1 - \frac{P_{поч}}{P_{max}}\right) = (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot p_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{поч}}{P_{max}}\right), \quad (4)$$

Практично розрядку компенсатора не доводять до повного витіснення розчину, а зберігають в ньому деякий запас об’єму розчину V_3 , що необхідний в основному для забезпечення надійної роботи автоматики роботи вмикання насоса на підзарядку компенсатора після того, як тиск в результаті витрати розчину (розрядки компенсатора) знизиться до мінімального тиску P_{min} .

Відповідно до цього має бути дотримана умова $P_{min} > P_{поч}$.

Процес стиснення газу від початкового до мінімального робочого тиску протікатиме за тими ж законами, що й у розглянутому випадку, відповідно до чого можемо написати

$$V'_{кор} = V_k \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{min}}\right) = (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{min}}\right), \quad (5)$$

З урахуванням цього корисний об'єм (рис. 2, в) зменшується за всіх інших рівних умов на обсяг запасу V_3 за рахунок збиткового тиску, який створюється завдяки опору зрушення розчину у нагнітальному трубопроводу до його виходу і буде рівний

$$V_{кор} = V'_k - V_3, \quad (6)$$

Підвівши в цей вираз значення виразу знайдемо корисний об'єм (ємність) компенсатора за умови

$$V_{кор} = V'_k - V_3 = (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right) - (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{min}}\right) = (V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(\frac{P_{ноч}}{P_{min}} - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right), \quad (7)$$

або

$$\frac{V_{кор}}{(V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.})} = \frac{P_{ноч}}{P_{min}} - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}, \quad (8)$$

Об'єм V_2 газової частини компенсатора в кінці зарядки розчином (при P_{max}) визначений з урахуванням заданого допустимого діапазону робочих тисків у компенсаторі та корисної його ємності, можна знайти для ізотермного процесу стиснення газу із співвідношення

$$\frac{V_{кор}}{V_2} = \frac{P_{max}}{P_{min}} - 1, \quad (9)$$

після підстановки

$$\frac{(V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(\frac{P_{ноч}}{P_{min}} - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right)}{(V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right)} = \frac{P_{max}}{P_{min}} - 1, \quad (10)$$

Для політропної зміни стану ($n > 1$) виразу набудуть вигляду

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{n}} = V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.} \cdot \left(\frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right)^{\frac{1}{n}}; \quad (11)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^n = P_{max} = P_{ноч} \cdot \left(\frac{V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}}{(V_{в.к.} + V_{з.к.} \cdot P_{з.к.}) \cdot \left(1 - \frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right)}\right)^n;$$

Відповідно до цього будемо мати

$$\frac{V_{кор}}{V_k} = \left(\frac{P_{ноч}}{P_{min}}\right)^{\frac{1}{n}} - \left(\frac{P_{ноч}}{P_{max}}\right)^{\frac{1}{n}}; \quad (12)$$

$$\frac{V_{кор}}{V_2} = \left(\frac{P_{max}}{P_{min}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1; \quad (13)$$

де n – показник політропи.

Вирази (12), (13) показують, що корисна ємність (енергоємність) $V_{кор}$ компенсатора залежить за всіх інших рівних умов від відношення $\frac{P_{поч}}{P_{max}}$ і для даного P_{max} – від величини початкового тиску $P_{поч}$ зарядки компенсатора газом.

Література:

1. . Korobko, B., Khomenko, I., Shapoval, M., Virchenko, V. *Solution Pressure Pulsations into the Pipeline Size Determination in Dependence on Constructive Parameters of Valve Units of Mortar Pump* *Lecture Notes in Civil Engineering* this link is disabled, 2022, 181, сmp. 225–243 <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/9321>

2. *Theoretical and Experimental Investigations of the Pumping Medium Interaction Processes with Compensating Volume of Air in the Single-Piston Mortar Pump Compensator* / B. Korobko, M. Shapoval, R. Kaczynski, A. Kryvorot, V. Virchenko // *Lecture Notes in Civil Engineering*. – Springer : Cham, 2023. – Vol. 299 : *Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022*. – https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_17
<http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/12244>

УДК 622.279:622.276.66

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОРОЗРИВУ ПЛАСТА

Михайлишин Б.І.

*АТ «Укргазвидобування»
mykhailyshynbohdan@gmail.com*

Ларцева І.І., к.т.н., доцент

Лобунець К.М., магістрант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Гідравлічний розрив пласта (ГРП) – це одна з ключових технологій сучасного нафтогазовидобутку, яка спрямована на інтенсифікацію припливу флюїдів до свердловини шляхом створення штучних тріщин у продуктивному пласті. Особливу актуальність ця технологія набуває на виснажених родовищах, на яких гідророзрив є єдиною можливим способом виведення малодобітних або проблемних свердловин на новий рівень продуктивності. Польовими дослідженнями підтверджено, що після проведення гідророзриву дебіти можуть збільшуватись у 3 – 6 разів, а іноді й більше [1]. Також ГРП є однією з ключових технологій інтенсифікації видобутку природного газу з нетрадиційних колекторів, до яких належать сланці, щільні пісковики та вугільні пласти [2].

Умовою ефективного проведення ГРП є дотримання рівноваги між параметрами закачування та фізичними властивостями пласта. Будь-який сучасний проєкт гідророзриву пласта базується на цифрових моделях, аналітичних алгоритмах і точних геомеханічних даних. Таким чином, ефективне проведення ГРП сьогодні неможливе без моделювання цього процесу.

Метою проєктування ГРП є визначення оптимальних параметрів закачування: об'єму рідини, концентрації пропанта, кількості стадій, а також тиску і швидкості нагнітання [3, 4];