

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ГАЗОРІДИННОГО СЕПАРАТОРА

Лях М.М.,¹ Фурса Р. П.,² Процюк В.Р.,³ Михайлюк В. В.⁴

¹ ІФНТУНГ, канд. техн. наук, професор Україна

² ІФНТУНГ, аспірант, Україна

³ ІФНТУНГ, доцент, Україна

⁴ ІФНТУНГ, канд. техн. наук, доцент, Україна

Анотація. У роботі висвітлено дослідження роботи газорідинного сепаратора, який призначений для очищення газу від рідких та твердих домішок. Такі сепаратори застосовуються у нафтогазовій, хімічній, нафтогазопереробній та інших галузях. Основними перевагами сепараторів порівняно із іншим обладнанням для очищення газу є їх низька вартість експлуатації та простота обслуговування. За допомогою імітаційного моделювання у даній роботі було досліджено виконувані функції вертикального газорідинного сепаратора із врахуванням складу газорідинної суміші, її витрати та температури. Під дослідження роботи сепаратора було застосовано параметричне дослідження, що дозволило визначити ряд комбінацій об'ємної витрати газорідинної суміші та температури. Отримані результати імітаційного моделювання дозволяють оцінити вплив складу та температури газового потоку на роботу сепаратора, а саме на масову концентрацію води у вихідному газовому потоці.

Ключові слова: газорідинний сепаратор, краплинна рідина, імітаційне моделювання, ефективність сепарації, очищення газу.

Очищення газу від рідких та твердих домішок, розділення гетерогенних газорідинних і трифазних сумішей – найпоширеніші процеси в нафто- і газовидобувній, нафтогазопереробній, хімічній та нафтохімічній, будівельній та інших галузях промисловості [1, 2]. З цією метою застосовуються різноманітні газорідинні сепаратори, відділення краплинної рідини з газового потоку у яких може відбуватись за рахунок відцентрової сили, гравітації тощо. Перевагами цих пристроїв є їх низька вартість, дешевизна експлуатації, простота технічного обслуговування, висока надійність тощо. В даний час основним завданням при вдосконаленні сепараторів є забезпечення

ефективної роботи у широкому діапазоні тиску, підвищення якості сепарації, збільшення продуктивності та зменшення їх габаритних розмірів і маси.

У роботі [3] проаналізовано особливості процесу сепарації потоку двофазної газорідинної суміші. Основним параметром, який характеризує ступінь відділення рідини від газу в сепараторі, є коефіцієнт ефективності, який залежить від особливостей конструкції сепаратора, термобаричних умов, параметрів технологічної схеми, складу і фізико-хімічних властивостей газорідинного потоку [4, 5].

Донедавна розробку нових конструкцій сепараційного обладнання проводили на основі практичного досвіду попередніх дослідників, а також використовуючи спрощені математичні моделі. Такий підхід вимагав значних фізичних та економічних витрат та часто не забезпечував очікуваних результатів. В сучасних умовах розвитку комп'ютерної техніки вирішення складних актуальних задач здійснюється з допомогою програмних комплексів, які дають можливість моделювати різноманітні робочі процеси та явища [6-8]. Метою роботи є оцінка експлуатаційних характеристик газорідинного сепаратора за допомогою імітаційного моделювання.

Функціональна схема сепаратора показана на рисунку 1.

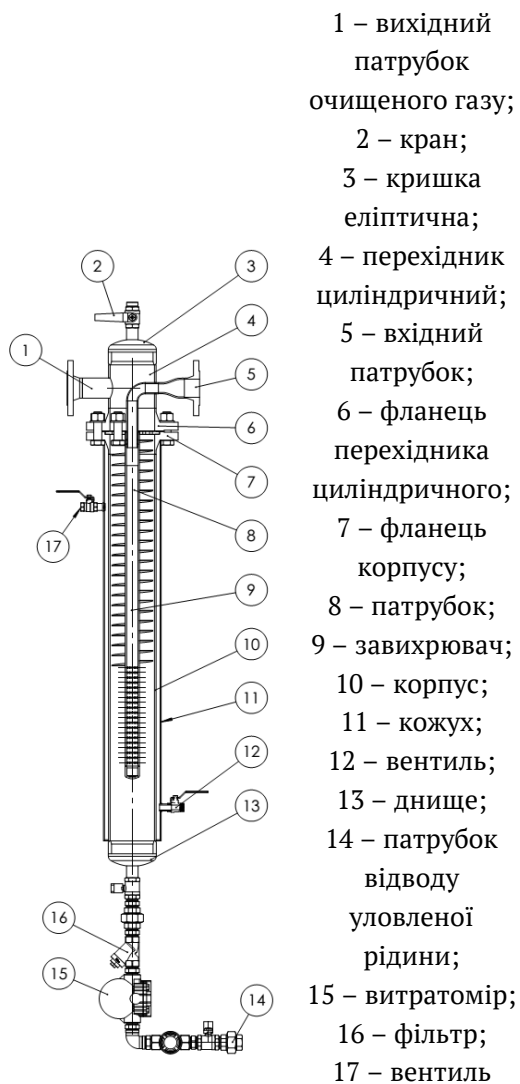


Рисунок 1 – Функціональна схема газорідинного сепаратора

Функціональна схема сепаратора показана на рисунку 1. Неочищений газ подається у вхідний патрубок 5, далі газ рухається по патрубку 8 та виходить з неї через отвори у нижній частині патрубка в корпус 10. На виході з отворів патрубка 8 з газу відділяється краплинна рідина, яка рухається разом з даним потоком вгору. Далі газорідинна суміш потрапляє на завихрювач 9 у якому осьовий рух суміші переходить у гвинтовий. За такого виду руху відбувається збільшення відцентрової складової швидкості, і відповідно, відцентрової сили. За рахунок різниці густин газу та краплинної рідини остання під дією відцентрової сили відкидається на внутрішню поверхню корпусу 10. Далі ця рідина стікає вниз до днища 13 та відводиться з сепаратора через фільтр 16, витратомір 15 та патрубок відводу уловленої рідини 14. Очищений від краплинної рідини газ відводиться з сепаратора через вихідний патрубок 1.

У зимовий період, за умов низьких температур газу, для підігріву сепаратора передбачено кожух 11, у який подається теплоносіє. Підігрів має відповідати вимогам вибухо- та пожежобезпеки.

Для встановлення характеристик газорідинного сепаратора використано його тривимірну модель, яку зображено на рисунку 2.

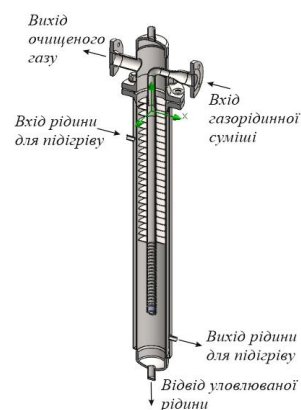


Рисунок 2 – Модель сепаратора для імітаційного моделювання

У дослідженні враховано багатоконпонентність газового потоку, що складається із суміші різних газів. Масова концентрація компонентів газової суміші становить: метан – 93 %, водень – 0,1 %, етан – 2,5 %, пропан – 0,31 %, бутан – 0,11 %, метанол – 0,08 %.

Оскільки температура газу на вході та витрата можуть змінюватись, то було проведено серію імітаційних моделювань. Діапазон температури від мінус 10 до плюс 40 °С, а діапазон витрати від 0,013 до 0,046 м³/с (табл. 1).

Таблица 1

Сценарій імітаційних моделювань

№ з/п	Досліджувана (розрахункова точка)	Об'ємна витрата газорідинної суміші на виході, м ³ /с	Температура газорідинної суміші на вході, °С
1	1	0,013	-10
2	2	0,013	15
3	3	0,013	40
4	1	0,0295	-10
5	2	0,0295	15
6	3	0,0295	40
7	1	0,046	-10
8	2	0,046	15
9	3	0,046	40

Отримані результати імітаційного моделювання дозволяють оцінити вплив складу та температури газового потоку на роботу сепаратора, а саме на масову концентрацію води у вихідному газовому потоці (рис. 3).

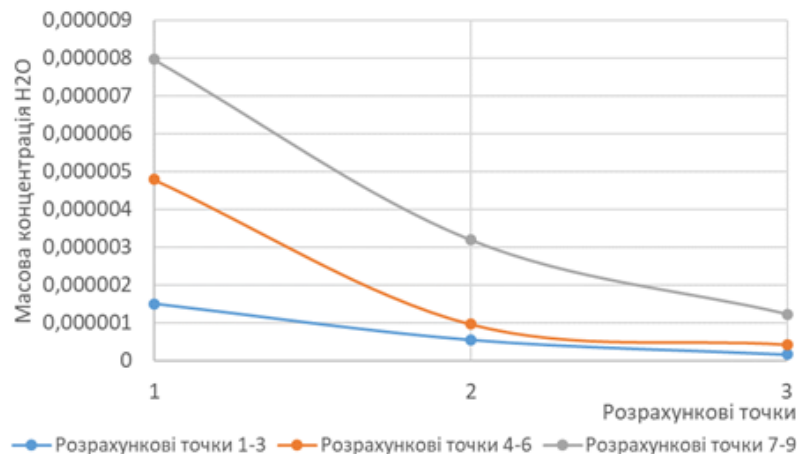


Рисунок 3 – Залежність масової концентрації води у вихідному газовому потоці від параметрів розрахункової точки (об'ємної витрати та температури)

Виходячи з графічних залежностей (рис. 3) масова концентрація води у вихідному газовому потоці із сепаратора значно залежить від температури газової суміші. Для підігріву газової суміші на поверхні сепаратора встановлено «кожух», у яку подається гаряча пара або вода.

При значних від'ємних температурах вода перетворюється із рідкої фази на тверду кристалічну, а наявні нафтові краплини стають в'язкими, що в загальному призводить до зниження ефекту сепарації, а у ряді випадків до повної відмови. Враховуючи це, встановлення підігріву корпусу сепаратора забезпечить безвідмовну роботу при від'ємних температурах.

Висновки. Проаналізувавши існуючі джерела інформації в яких наведена інформація про відділення краплинної рідини з газового потоку та особливостей роботи газорідних сепараторів встановлено, що процеси, які відбуваються під час їх роботи є складними та їх важко описати аналітично. Для дослідження роботи сепараторів застосовують програми CFD, які дозволяють пришвидшити процес розрахунку.

В результаті проведених досліджень газорідного сепаратора встановлено, що на його ефективність роботи суттєво впливає температура газорідної суміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлюк В. В., Фафлей О. Я., Мельник В. О., Захара І. Я., Малишев А. Р., & Процюк Г. Я. Моделювання газового вертикального сіткового сепаратора. Науковий

вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2022. №1(52), 91–100. [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1\(52\)-91-100](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1(52)-91-100)

2. L. M. Mil'shtein, Modernization of Oil and Gas Field Separation. Development of New-Generation Separation Units and Apparatuses, LAP Press, Saarbrücken, Germany (2012).

3. Liakh M.M., Yuriev E.V., Vakaliuk V.M., Solonychnyi Ya.V. Matematychna model separatsii hazoridynnoi sumishi v separatori inertsiiinoho typu. Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch. 2008. № 1. P. 67–73.

4. Wiencke B 2011. Fundamental principles for sizing and design of gravity separators for industrial refrigeration. International Journal of Refrigeration. 34 2092–2108.

5. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. (2011). CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 66. 834–847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.

6. Katare, Pravin & Krupan, Abhineel & Dewasthale, A. & Datar, A. & Dalkilic, A.S.. (2021). CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry. Case Studies in Thermal Engineering. 28. 101384. 10.1016/j.csite.2021.101384.

7. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. (2011). CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 66. 834–847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.

8. Vytyaz, Oleg & Chudyk, I. & Mykhailiuk, V.. (2015). Study of the effects of drilling string eccentricity in the borehole on the quality of its cleaning.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE EFFICIENCY OF THE GAS-LIQUID SEPARATOR

Liakh Mykhailo, Fursa Roman, Protsiuk Vasyl, Mykhailiuk Vasyl.

Abstract. *The work highlights the study of the operation of a gas-liquid separator, which is designed to purify gas from liquid and solid impurities. Such separators are used in the oil and gas, chemical, oil and gas processing and other industries. The main advantages of separators compared to other gas purification equipment are their low operating cost and ease of maintenance. Using simulation modeling, this work investigated the functions performed by a vertical gas-liquid separator, taking into account the composition of the gas-liquid mixture, its flow rate and temperature. Parametric research was used to study the operation of the separator, which allowed us to determine a number of combinations of the volumetric flow rate of the gas-liquid mixture and temperature. The obtained simulation modeling results allow us to assess the influence of the composition and temperature of the gas stream on the operation of the separator, namely on the mass concentration of water in the output gas stream.*

Keywords: *gas-liquid separator, droplet liquid, simulation modeling, separation efficiency, gas purification.*

REFERENCE

1. Mykhailiuk, V. V., Faflei O. Y., Melnyk V. O., Zakhara, I. Y., Malyshev, A. R., & Protsiuk, H. Y. (2022). Modeling of a gas vertical grid separator. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, (1(52), 91–100. [https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1\(52\)-91-100](https://doi.org/10.31471/1993-9965-2022-1(52)-91-100) [in Ukrainian].
2. L. M. Mil'shtein, *Modernization of Oil and Gas Field Separation. Development of New-Generation Separation Units and Apparatuses*, LAP Press, Saarbrücken, Germany (2012).
3. Liakh M.M., Yuriev E.V., Vakaliuk V.M., Solonychnyi Ya.V. *Matematychna model separatsii hazoridynnoi sumishi v separatori inertsiiinoho typu. Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*. 2008. № 1. P. 67-73.
4. Wiencke B 2011. Fundamental principles for sizing and design of gravity separators for industrial refrigeration. *International Journal of Refrigeration*. 34 2092-2108.
5. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. (2011). CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. *Chemical Engineering Science*. 66. 834-847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
6. Katare, Pravin & Krupan, Abhineel & Dewasthale, A. & Datar, A. & Dalkilic, A.S.. (2021). CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry. *Case Studies in Thermal Engineering*. 28. 101384. 10.1016/j.csite.2021.101384.
7. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. (2011). CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. *Chemical Engineering Science*. 66. 834-847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
8. Vytyaz, Oleg & Chudyk, I. & Mykhailiuk, V.. (2015). Study of the effects of drilling string eccentricity in the borehole on the quality of its cleaning.