

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-288-2-24-31>

УДК 66.069.84

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГАЗОРІДИННОГО СЕПАРАТОРА

Лях М.М., Фурса Р.П., Витвицький В.С.,
Михайлюк В.В., Процюк Г.Я., Михайлюк В.Т.

MODELING OF THE OPERATION OF A GAS-LIQUID SEPARATOR

Liakh M.M., Fursa R.P., Vytvytskyi V.S.,
Mykhailiuk V.V., Protsiuk H.Y., Mykhailiuk V.T.

У статті виконано комплексне дослідження конструкцій та принципів дії газорідних сепараторів, які широко використовуються в промисловості для очищення газових потоків від краплинної рідини та твердих домішок. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності розділення фаз, мінімізації витрат енергії, зменшення габаритів та витрат на експлуатацію обладнання. Автори провели огляд сучасних технологій сепарації, проаналізували конструктивні особливості газорідних сепараторів та методи оптимізації їхньої роботи. Основну увагу зосереджено на використанні програм CFD для імітаційного моделювання процесів у газорідному сепараторі. Для дослідження вибрано та побудовано тривимірну модель сепаратора, у якій визначено розподіли тиску, температури та масової концентрації компонентів у газовому потоці. Під час моделювання враховано різні умови експлуатації, такі як зміна температури, тиску та об'ємної витрати. Також враховано багатокомпонентність газового потоку. О'ємна концентрація компонентів газової суміші: метан – 93 %, водень – 0,1 %, етан – 2,5 %, пропан – 0,31 %, бутан – 0,11 %, метанол – 0,08 %. Особливу увагу приділено впливу конструктивних елементів сепаратора на ефективність розділення фаз. Встановлено, що із зменшенням температури газорідного потоку зменшується ефективність роботи сепаратора. Побудовано графічну залежність масової концентрації води у вихідному газовому потоці від витрати та температури газорідної суміші. Досліджено вплив підігріву корпусу сепаратора на ефективність його роботи. Застосування підігріву корпусу сепаратора дозволяє значно знизити масову концентрацію краплинної рідини у вихідному газовому потоці. Отримані результати можуть бути використані для

модернізації існуючих газорідних сепараторів, а також при розробці нових вискоефективних конструкцій. Практичне значення роботи полягає у зменшенні енергозатрат та підвищенні надійності роботи обладнання в різних галузях промисловості, таких як нафтогазова, хімічна та енергетична. Для забезпечення оптимальних витрат на відокремлення з газового потоку води в подальшому планується виконати оптимізаційне параметричне дослідження.

Ключові слова: газорідний сепаратор, сепарація сумішей, газорідний потік, краплинна рідина, очищення газу, імітаційне моделювання, масова концентрація

Вступ. Різноманітні промислові виробничі процеси вимагають розділення газорідних сумішей з метою очищення продуктів або вторинної переробки корисної сировини. Природний газ, який видобувається з нафтогазових свердловин, містить певну частку рідин (води або газового конденсату), які можуть блокувати трубопроводи та обладнання, а також знижувати точність контрольно-вимірювальних приладів. Ці рідини можуть також викликати корозію обладнання, трубопроводів і контрольно-вимірювальних приладів, та навіть спричиняти вібрації, які пошкоджують трубопроводи та обладнання, що впливає на нормальний видобуток і збільшує витрати на експлуатацію обладнання. Тому газорідні суміші необхідно зневоднювати перед надходженням до станції збору. Газорідне розділення також використовується в хімічній промисловості, на

атомних електростанціях, мембранних біореакторах, для видалення пилу, утилізації відпрацьованих газів гідрування дизельного палива тощо. Особливо актуальним є вплив температури на ефективність роботи газорідинних сепараторів. В нафтогазовій галузі сепараційне обладнання в основному знаходиться під відкритим небом, тому зміна температур суттєво впливає на експлуатаційні характеристики. Це стосується як сезонних змін температури, так і її зміни протягом доби.

Аналіз закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій. 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 [1-3]. Обладнання, що при цьому застосовується є різноманітні газорідинні сепаратори, які є конструктивно простими пристроями. Відділення краплинної рідини з газового потоку у сепараторах може відбуватись за рахунок відцентрової сили, сили тяжіння тощо. Перевагами цих пристроїв є низька вартість їх експлуатації, простота технічного обслуговування, оскільки у їх конструкції відсутні складні елементи та рухомі частини. Сьогодні основним завданням при вдосконаленні сепараторів є мінімізація перепаду тиску, підвищення ефективності сепарації, збільшення продуктивності та зменшення габаритних розмірів і маси [4, 5].

У роботах [6, 7] аналізуються особливості процесу сепарації потоку двофазної газорідинної суміші. Краплі рідкої фази (конденсату) формуються в потоці починаючи від джерела надходження і до самого входу в сепаратор. Для того, щоб оцінити ефективність роботи сепаратора, необхідно знати об'ємний вміст рідкої фази, середній радіус краплі та розподіл їх за розмірами. Вздовж шляху руху газу від джерела надходження до сепаратора тиск і температура неперервно змінюються. Під час руху порушується термодинамічна рівновага двофазної багатокомпонентної системи і відбувається процес масообміну між фазами.

Конденсація веде до утворення дрібних крапель, розмір яких змінюється за рахунок конденсаційного росту в умовах перенасичення і коагуляції, а також подрібнення в потоці газу. В результаті в підвідній трубі перед сепаратором встановлюється розподіл крапель за розмірами, який характеризується: вмістом рідкої фази,

середнім діаметром краплі та дисперсією розподілу.

Якщо перед сепаратором відсутній пристрій попередньої конденсації, то потік газу зі встановленим розподілом потрапляє в сепаратор, в якому відбувається розділення фаз. В цьому випадку основними механізмами формування крапель в турбулентному потоці газу є процеси подрібнення і коагуляції, що протікають одночасно [6, 8, 9].

Основним параметром, який характеризує ступінь відділення рідини від газу в сепараторі, є коефіцієнт ефективності.

Коефіцієнт ефективності залежить від особливостей конструкції сепаратора, термобаричних умов, параметрів технологічної схеми, складу і фізико-хімічних властивостей газорідинного потоку [10, 11].

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 затрат 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 [12,13,14]. Сьогодні під час розроблення сепараційного обладнання застосовуються програми обчислювальної гідродинаміки (англ. computational fluid dynamics, CFD) [15, 16]. Завдяки розвитку комп'ютерної техніки і впровадженню програмних комплексів, таких як SolidWorks Flow Simulation, стало можливим ефективно вирішувати складні задачі проектування, що значно підвищує точність і економічну ефективність інженерних рішень. [17, 18].

Дослідження поведінки частинок нафти в сепараторах за допомогою CFD проведено у працях [19, 20]. У роботі [19] проведене дослідження підтверджує точність засобів і методів CFD шляхом порівняння чисельних результатів з експериментальними даними. З іншого боку, автори в роботі [20] у основному представляють різні CFD дослідження сепараторів з використанням методу VOF, дійшовши висновку, що чисельний підхід має багато переваг, оскільки є економічно ефективним і гнучким щодо конструкційних змін. Крім того, використовуючи чисельні результати, оптимізація процесу сепарації призводить до покращених конструкцій

сепараторів, що дає можливість вловлювати частинки рідини розміром до 10 мікрметрів [21]. У роботах [18, 22, 23] автори застосовують інструменти CFD для дослідження руху потоку через сепаратор з різними конструкціями входу, дійшовши висновку, що методи CFD є ефективним інструментом для оцінки продуктивності та процесів оптимізації конструкції сепаратора.

Мета роботи та обґрунтування необхідності її виконання

Метою роботи є оцінка експлуатаційних характеристик газорідинного сепаратора з використанням імітаційного моделювання.

Для досягнення мети необхідно:

- провести аналітичний огляд літературних джерел, які стосуються відділення краплинної рідини з газового потоку та особливостей роботи газорідинних сепараторів;
- дослідити роботу газорідинного сепаратора, встановити його характеристики.

Викладення основного матеріалу

Для імітаційного моделювання роботи та оцінки характеристик вибрано газорідинний сепаратор, будова якого показана на рисунку 1.

Сепаратор для відділення краплинної рідини від газового потоку складається з вхідного патрубку 5 який приєднано до труби 8, у якій виконано отвори як у радіальному напрямку, так і у торцевій його кришці. На зовнішній поверхні труби 8 встановлений завихрювач 9, зовнішня частина якого має зазор з корпусом 10. У нижній частині до корпусу 10 приєднано днище 13, до якого кріпиться арматура, серед якої: вентилі, патрубок відводу 14, витратомір 15, фільтр 16. У верхній частині корпусу 10 розміщено перехідник циліндричний 4. Цей перехідник з'єднується з корпусом за допомогою фланців 6 та 7. До перехідника 4 приєднано вихідний патрубок очищеного газу 1. На зовнішній поверхні корпусу 10 розміщено кожух 11, до якої приєднано вентилі 12 та 17.

Неочищений газ подається у вхідний патрубок 5, далі газ рухається по трубі 8 та виходить з неї через отвори у трубі в корпус 10. На виході з отворів труби 8 з газу відділяється краплинна рідина, яка рухається разом з ним 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 у днище 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.

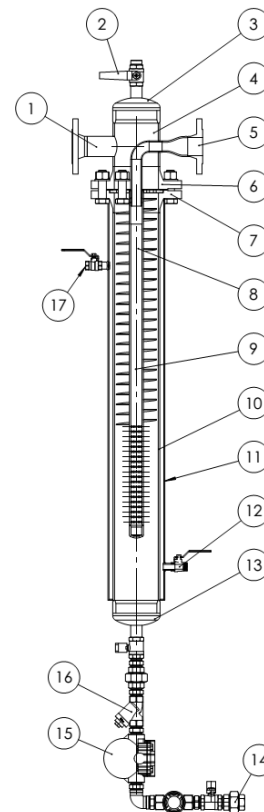


Рис. 1. Конструкція газорідинного сепаратора:
1 – вихідний патрубок очищеного газу; 2 – кран;
3 – кришка еліптична; 4 – перехідник циліндричний;
5 – вхідний патрубок; 6 – фланець перехідника
циліндричного; 7 – фланець корпусу; 8 – труба;
9 – завихрювач; 10 – корпус; 11 – кожух;
12 – вентиль; 13 – днище; 14 – патрубок відводу
уловленої рідини; 15 – витратомір; 16 – фільтр;
17 – вентиль

Для встановлення характеристик газорідинного сепаратора використано його тривимірну модель, яка зображена на рисунку 2.

Для пришвидшення імітаційного моделювання частину елементів, що входять в склад газорідинного сепаратора, вилучено – залишено тільки ті елементи, які приймають безпосередню участь у процесі сепарації (рис. 3).

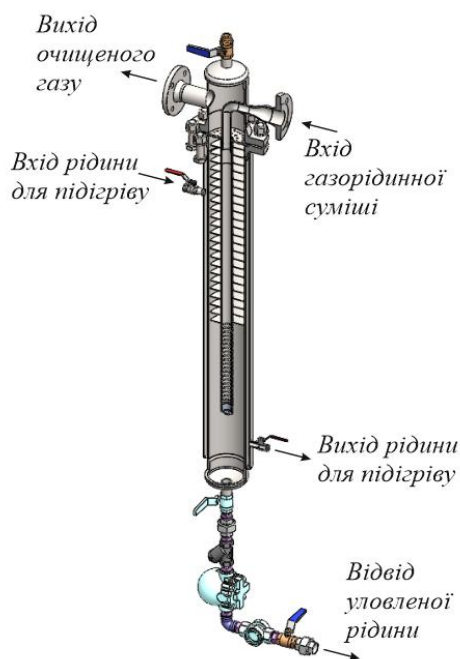


Рис. 2. Тривимірна модель газорідинного сепаратора

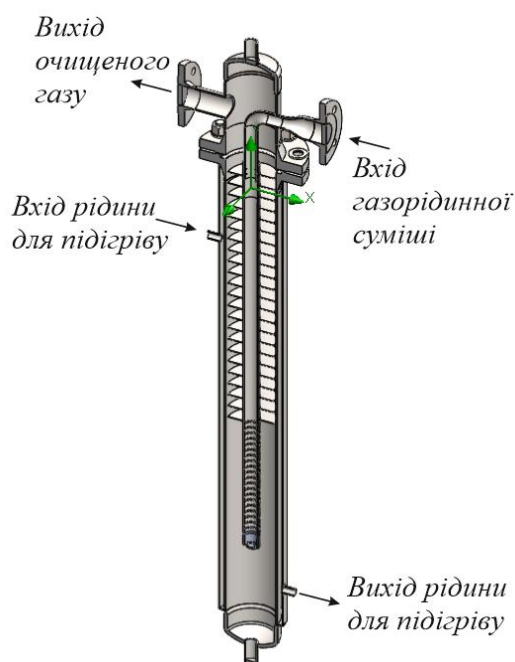


Рис. 3. Модель сепаратора для імітаційного моделювання

Під час імітаційного моделювання використовувалися граничні умови: об'ємна витрата газової суміші 0,046 м³/с; тиск на вхідному патрубку сепаратора 6 МПа.

У роботі враховано багатокомпонентність газового потоку, що складається із суміші різних газів, під час проведення імітаційного моделювання. Об'ємна концентрація компонентів газової суміші становить: метан –

93 %, водень – 0,1 %, етан – 2,5 %, пропан – 0,31 %, бутан – 0,11 %, метанол – 0,08 %. Температура газової суміші на вході до сепаратора становить 40 °С. Отримані дані моделювання дозволяють оцінити вплив складу та температури газового потоку на роботу сепаратора.

Отримані результати імітаційного моделювання наведено на рисунку 4.

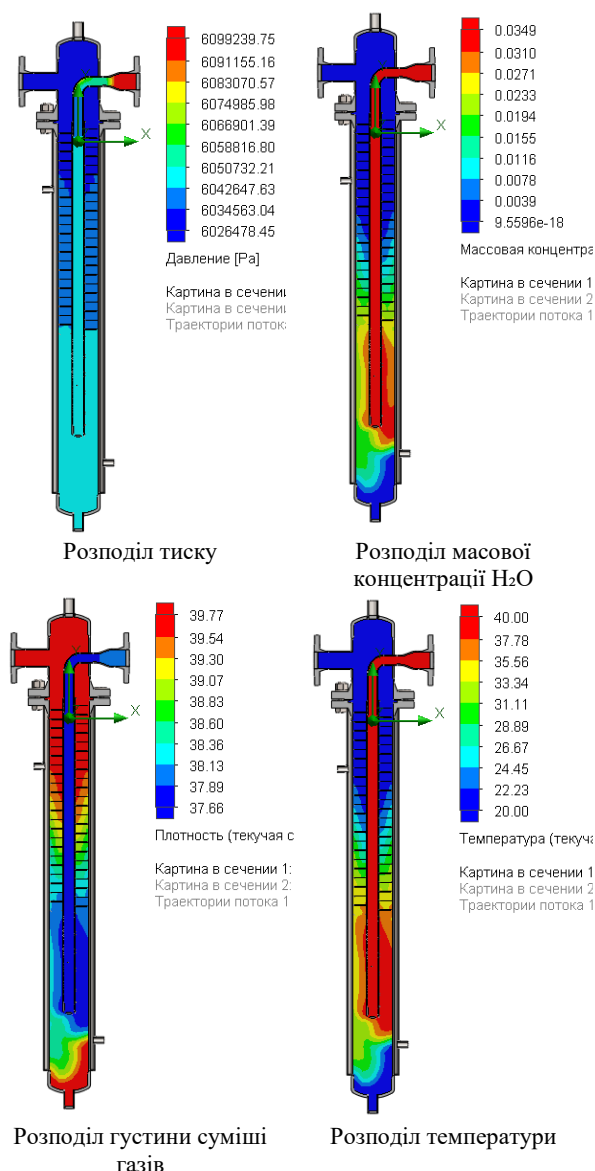


Рис. 4. Результати імітаційного моделювання сепаратора

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.

У таблиці показано сценарій проектування, який було використано для імітаційного моделювання. На рисунку 5 показано залежність масової концентрації води (H_2O) від параметрів розрахункових точок.

Таблиця

Сценарій імітаційних моделювань

№ з/п	Розрахункова точка	Об'ємна витрата газорідинної суміші на виході, m^3/s	Температура газорідинної суміші на вході, $^{\circ}C$
1	1	0,013	-10
2	2	0,013	15
3	3	0,013	40
4	4	0,0295	-10
5	5	0,0295	15
6	6	0,0295	40
7	7	0,046	-10
8	8	0,046	15
9	9	0,046	40

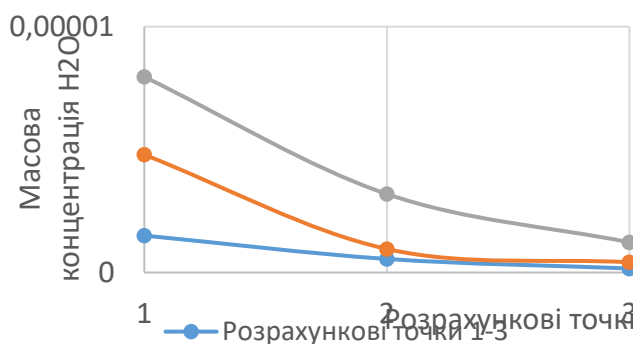


Рис. 5. Залежність масової концентрації води від параметрів розрахункової точки

Виходячи з графічних залежностей отриманих за результат імітаційного моделювання масова концентрація H_2O на виході із сепаратора значно залежить від температури газової суміші. Для підігріву газової суміші на поверхні сепаратора встановлено «кожух», у яку подається гаряча пара або вода.

Дослідження впливу підігріву на характеристики сепаратора виконано із використанням таких граничних умов:

- тиск на вході сепаратора, 6 МПа;
- об'ємна витрата газу на виході сепаратора, 0,046 m^3/s ;
- тиск на вході у кожух, 0,2 МПа;
- витрата рідини на підігрів сепаратора, 0,0005 m^3/s ;
- температура газового потоку, мінус 10 $^{\circ}C$;

– температура рідини для підігріву газового потоку, плюс 40 $^{\circ}C$.

Граничні умови дослідження наведено на рисунку 6.

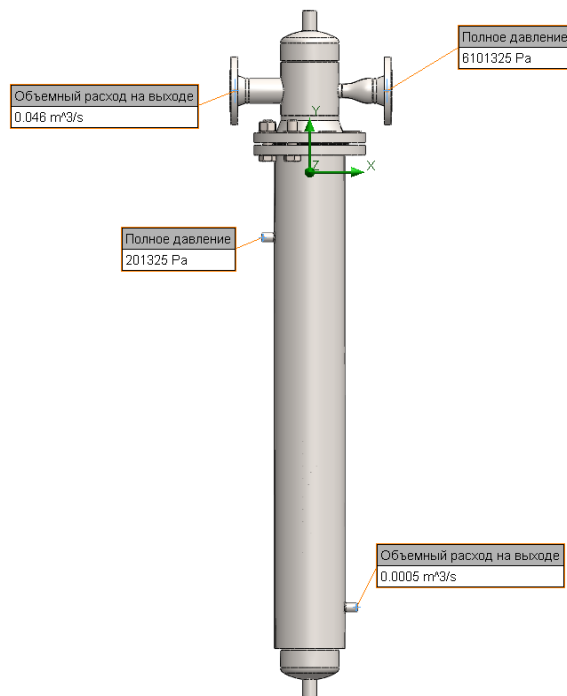


Рис. 6 . Граничні умови

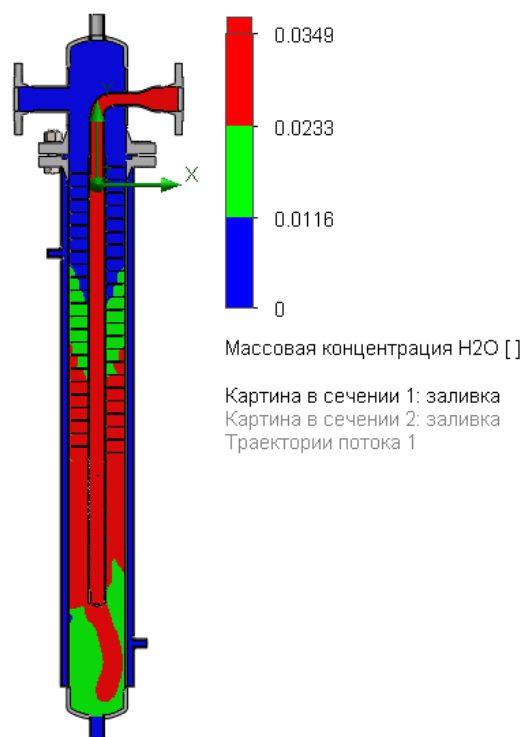


Рис. 7. Масова концентрація води (після нагрівання газової суміші)

На рисунку 7 показано розподіл масової концентрації води у сепараторі під час підігріву газової суміші.

Отже, згідно результатів імітаційного моделювання, якщо підігрівати газову суміш, то можна досягнути значного зменшення масової концентрації води у вихідному (після сепаратора) потоці.

Зрозуміло, що для забезпечення оптимальних витрат на відокремлення з газового потоку води доцільно було б виконати оптимізаційне параметричне моделювання. Проте, це планується провести у подальших дослідженнях.

Висновки

З проведеного огляду літературних джерел, які стосуються 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. На даний час для дослідження конструкцій сепараторів застосовують програми CFD, які дозволяють пришвидшити процес розрахунку та дають змогу отримати необхідні результати.

В результаті проведених досліджень газорідного сепаратора встановлено, що на його експлуатаційні характеристики, а саме ефективність роботи суттєво впливає температура газорідної суміші, яка рухається в порожнині сепаратора.

Одним із орієнтовних напрямів для отримання покращених експлуатаційних характеристик газорідного сепаратора може бути підігрів зовнішньої поверхні корпусу самого сепаратора потоком гарячої води (рідини) або повітря (газу) між корпусом і кожухом.

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. Liu C S Development and field test of separator in prying loading type gas collecting device. Natural Gas and Petroleum. 1994. 12 36-40
4. Vijayan, V., Vivekanandan, M., Venkatesh, R. et al. CFD modeling and analysis of a two-phase vapor separator. J Therm Anal Calorim 145, 2719–2726 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09825-2>
5. Kou J, Li Z. Numerical Simulation of New Axial Flow Gas-Liquid Separator. Processes. 2022; 10(1):64. <https://doi.org/10.3390/pr10010064>
6. Liakh M.M., Yuriev E.V., Vakaliuk V.M., Solonychnyi Ya.V. Matematychna model separatsii hazoridynnoi sumishi v separatori inertiinoho typu. Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyskh. 2008. № 1. P. 67-73.
7. Ye, Junxiang & Xu, Yanxia & Song, Xingfu & Yu, Jianguo. Novel conical section design for ultra-fine particles classification by a hydrocyclone. Chemical Engineering Research and Design. 2019. 144. 10.1016/j.cherd.2019.02.006.
8. Zhang, Caie & Wei, Dezhou & Cui, Baoyu & Li, Tianshu & Luo, Na. Effects of curvature radius on separation behaviors of the hydrocyclone with a tangent-circle inlet. Powder Technology. 2017. 305. 10.1016/j.powtec.2016.10.002.
9. Emam, Mahmoud & Zhou, Ling & Shi, Weidong & Chen, Han. Performance evaluation of standard cyclone separators by using CFD–DEM simulation with realistic bio-particulate matter. Powder Technology. 2021. 385. 10.1016/j.powtec.2021.03.006.
10. Wiencke B 2011. Fundamental principles for sizing and design of gravity separators for industrial refrigeration. International Journal of Refrigeration. 34 2092-2108.
11. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 2011. 66. 834-847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
12. Katare, Pravin & Krupan, Abhineel & Dewasthale, A. & Datar, A. & Dalkilic, A.S.. CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry. Case Studies in Thermal Engineering. 2021. 28. 101384. 10.1016/j.csite.2021.101384.
13. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 2011. 66. 834-847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
14. Vytyaz, Oleg & Chudyk, I. & Mykhailiuk, V.. Study of the effects of drilling string eccentricity in the borehole on the quality of its cleaning. 2015.
15. N. D. Katopodes, Free-Surface Flow: Computational Methods, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2019
16. V. Dragan, I. Malael, and B. Gherman, "A Comparative Analysis Between Optimized and Baseline High Pressure Compressor Stages Using Tridimensional Computational Fluid Dynamics," Engineering, Technology & Applied Science

- Research, vol. 6, no. 4, pp. 1103–1108, Aug. 2016, <https://doi.org/10.48084/etasr.696>.
17. Maistruk V.V. Otsinka enerhozatratt pry roboti priamotechiinoho tsyklonu za dopomohoiu prohrannoho paketu FLOW SIMULATION / V.V. Maistruk, R.I. Havryliv, A.S. Popil, A.M. Basisty // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhnologiy. Kharkiv. 2012. Vyp. 6/8(60). P. 28–30.
 18. F. P. Lucas and R. Huebner, "Numerical Simulation of Single-Phase and Two-Phase Flows in Separator Vessels with Inclined Half-Pipe Inlet Device Applied in Reciprocating Compressors," Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 8, no. 3, pp. 2897–2900, Jun. 2018, <https://doi.org/10.48084/etasr.1993>.
 19. S. C. K. De Schepper, G. J. Heynderickx, and G. B. Marin, "CFD modeling of all gas–liquid and vapor–liquid flow regimes predicted by the Baker chart," Chemical Engineering Journal, vol. 138, no. 1, pp. 349–357, May 2008, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.06.007>.
 20. A. P. Laleh, W. Y. Svrcek, and W. D. Monnery, "Design and CFD studies of multiphase separators - a review," The Canadian Journal of Chemical Engineering, vol. 90, no. 6, pp. 1547–1561, 2012, <https://doi.org/10.1002/cjce.20665>.
 21. G. Cheng, L. Y. Yan, and H. Zhou, "The Oil Vessel Structure Optimization by the use of CFD in the Oil Injection Twin-Screw Compressor," presented at the International Compressor Engineering Conference, West Lafayette, IN, USA, 2004, Art. no. 1714.
 22. Xu, Yanxia & Ye, Junxiang & Song, Xingfu & Yu, Jianguo. Classification of Ultrafine Particles Using a Novel 3D-Printed Hydrocyclone with an Arc Inlet: Experiment and CFD Modeling. ACS Omega. 2022. 8. 10.1021/acsomega.2c06383.
 23. Tian, J. Y.; Ni, L.; Song, T.; Zhao, J. N. CFD simulation of hydrocyclone–separation performance influenced by reflux device and different vortex–finder lengths. Sep. Purif. Technol. 2020, 233, No. 116013. DOI: 10.1016/j.seppur.2019.116013
 4. Vijayan, V., Vivekanandan, M., Venkatesh, R. et al. CFD modeling and analysis of a two-phase vapor separator. J Therm Anal Calorim 145, 2719–2726. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09825-2>
 5. Kou J, Li Z. Numerical Simulation of New Axial Flow Gas-Liquid Separator. Processes. 2022; 10(1):64. <https://doi.org/10.3390/pr10010064>
 6. 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 rodovysch. 2008. № 1. P. 67–73.
 7. Ye, Junxiang & Xu, Yanxia & Song, Xingfu & Yu, Jianguo. Novel conical section design for ultra-fine particles classification by a hydrocyclone. Chemical Engineering Research and Design. 2019. 144. 10.1016/j.cherd.2019.02.006.
 8. Zhang, Caie & Wei, Dezhou & Cui, Baoyu & Li, Tianshu & Luo, Na. Effects of curvature radius on separation behaviors of the hydrocyclone with a tangent-circle inlet. Powder Technology. 2017. 305. 10.1016/j.powtec.2016.10.002.
 9. Emam, Mahmoud & Zhou, Ling & Shi, Weidong & Chen, Han. Performance evaluation of standard cyclone separators by using CFD–DEM simulation with realistic bio-particulate matter. Powder Technology. 2021. 385. 10.1016/j.powtec.2021.03.006.
 10. Wiencke B. Fundamental principles for sizing and design of gravity separators for industrial refrigeration. International Journal of Refrigeration. 2011.34 2092–2108.
 11. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 2011. 66. 834–847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
 12. Katare, Pravin & Krupan, Abhineel & Dewasthale, A. & Datar, A. & Dalkilic, A.S.. CFD analysis of cyclone separator used for fine filtration in separation industry. Case Studies in Thermal Engineering. 2021. 28. 101384. 10.1016/j.csite.2021.101384.
 13. Chu, Kaiwei & Wang, B. & Xu, D.L. & Chen, Y.X. & Yu, Aibing. CFD–DEM simulation of the gas–solid flow in a cyclone separator. Chemical Engineering Science. 2011. 66. 834–847. 10.1016/j.ces.2010.11.026.
 14. Vytyaz, Oleg & Chudyk, I. & Mykhailiuk, V.. Study of the effects of drilling string eccentricity in the borehole on the quality of its cleaning. 2015.
 15. N. D. Katopodes, Free-Surface Flow: Computational Methods, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2019.
 16. V. Dragan, I. Malael, and B. Gherman, "A Comparative Analysis Between Optimized and Baseline High Pressure Compressor Stages Using Tridimensional Computational Fluid Dynamics," Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 6, no. 4, pp. 1103–1108, Aug. 2016, <https://doi.org/10.48084/etasr.696>.

References

1. Mykhailiuk, V. V., Faflei O. Y., Melnyk V. O., Zakhara, I. Y., Malyshev, A. R., & Protsiuk, H. Y. Modeling of a gas vertical grid separator. Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, 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. Liu C S. Development and field test of separator in prying loading type gas collecting device. Natural Gas and Petroleum. 1994.12 36–40

17. Maistruk V.V. Otsinka enerhozatratt pry roboti priamotechiinoho tsyklonu za dopomohoiu prohramnoho paketu FLOW SIMULATION / V.V. Maistruk, R.I. Havryliv, A.S. Popil, A.M. Basisty // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhnologiy. Kharkiv. 2012. Vyp. 6/8(60). P. 28-30.
18. F. P. Lucas and R. Huebner, "Numerical Simulation of Single-Phase and Two-Phase Flows in Separator Vessels with Inclined Half-Pipe Inlet Device Applied in Reciprocating Compressors," Engineering, Technology & Applied Science Research, vol. 8, no. 3, pp. 2897–2900, Jun. 2018, <https://doi.org/10.48084/etasr.1993>.
19. S. C. K. De Schepper, G. J. Heynderickx, and G. B. Marin, "CFD modeling of all gas-liquid and vapor-liquid flow regimes predicted by the Baker chart," Chemical Engineering Journal, vol. 138, no. 1, pp. 349–357, May 2008, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.06.007>.
20. A. P. Laleh, W. Y. Svrcek, and W. D. Monnery, "Design and CFD studies of multiphase separators - a review," The Canadian Journal of Chemical Engineering, vol. 90, no. 6, pp. 1547–1561, 2012, <https://doi.org/10.1002/cjce.20665>.
21. G. Cheng, L. Y. Yan, and H. Zhou, "The Oil Vessel Structure Optimization by the use of CFD in the Oil Injection Twin-Screw Compressor," presented at the International Compressor Engineering Conference, West Lafayette, IN, USA, 2004, Art. no. 1714.
22. Xu, Yanxia & Ye, Junxiang & Song, Xingfu & Yu, Jianguo. Classification of Ultrafine Particles Using a Novel 3D-Printed Hydrocyclone with an Arc Inlet: Experiment and CFD Modeling. ACS Omega. 2022. 8. 10.1021/acsomega.2c06383.
23. Tian, J. Y.; Ni, L.; Song, T.; Zhao, J. N. CFD simulation of hydrocyclone-separation performance influenced by reflux device and different vortex-finder lengths. Sep. Purif. Technol. 2020, 233, No. 116013. DOI: 10.1016/j.seppur.2019.116013

Liakh M.M., Fursa R.P., Vytvytskyi V.S., Mykhailiuk V.V., Protsiuk H.Y., Mykhailiuk V.T.
Modeling of the operation of a gas-liquid separator

The article presents a comprehensive study of the structures and principles of operation of gas-liquid separators, which are widely used in industry to clean gas flows from liquid droplets and solid impurities. The relevance of the work is due to the need to increase the efficiency of phase separation, minimize energy losses, reduce the size and operating costs of equipment. The authors reviewed modern separation technologies, analyzed the design features of gas-liquid separators and methods for optimizing their operation. The main attention is focused on the use of CFD programs for simulation modeling of processes in a gas-liquid separator. A three-dimensional model of the separator was selected and built for the study, in which the

distributions of pressure, temperature and mass concentration of components in the gas flow were determined. During the modeling, various operating conditions were taken into account, such as changes in temperature, pressure and volumetric flow rate. The multicomponent nature of the gas flow was also taken into account. The volumetric concentration of the gas mixture components: methane – 93%, hydrogen – 0.1%, ethane – 2.5%, propane – 0.31%, butane – 0.11%, methanol – 0.08%. Particular attention is paid to the influence of the separator's structural elements on the efficiency of phase separation. It was established that with a decrease in the temperature of the gas-liquid stream, the efficiency of the separator decreases. A graphical dependence of the mass concentration of water in the output gas stream on the flow rate and temperature of the gas-liquid mixture was constructed. The influence of heating the separator body on its efficiency was studied. The use of heating the separator body allows to significantly reduce the mass concentration of droplet liquid in the output gas stream. The results obtained can be used to modernize existing gas-liquid separators, as well as in the development of new highly efficient designs. The practical significance of the work lies in reducing energy costs and increasing the reliability of equipment in various industries, such as oil and gas, chemical and energy. In order to ensure optimal costs for separating water from the gas stream, it is planned to perform an optimization parametric study in the future.

Keywords: gas-liquid separator, mixture separation, gas-liquid flow, droplet liquid, gas purification, simulation modeling, mass concentration

Лях Михайло Михайлович – к. т. н, професор кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Фурса Роман Петрович – аспірант кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Витвицький Василь Степанович – к. т. н, доцент кафедри технічної механіки, інженерної та комп'ютерної графіки Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Михайлюк Василь Володимирович – к. т. н, доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Процюк Галина Ярославівна – асистент кафедри інженерії програмного забезпечення Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Михайлюк Владислав Тарасович – магістр кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу