

## ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Хухрянського Олега Миколайовича на тему “Гідродинамічні та тепломасообмінні характеристики модульних комбінованих тарілчасто-насадкових контактних секцій”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 161 – Хімічні технології та інженерія

*Актуальність теми дослідження.* Процеси тепломасообміну між газом і рідиною знаходять широке поширення в хімічній, нафтопереробній промисловості, енергетиці. Продуктивність колон, секціонованих тарілками провального типу, можливо збільшити при застосуванні тарілок з великим вільним перетином. Однак, такі тарілки мають невелику ефективність тому, що вони працюють при великих величинах бризкоунесення. Однією з сучасних тенденцій є суміщення та комбінування в одному апараті тарілчастих та насадкових контактних пристроїв. Для зменшення шкідливого впливу бризкоунесення на ефективність тарілки в сепараційний простір між тарілками поміщають так звані сепаратори, які працюють як стабілізатори пінного шару при роботі апарату у розвиненому барботажному режимі. Поміщені між тарілками провального типу, стабілізатори самі є додатковою зоною контакту фаз та зменшують між секційне бризковіднесення. Однак, масообмінні процеси на комбінованих контактних елементах в активних гідродинамічних режимах вивчені недостатньо та відсутні методики їх інженерного розрахунку.

Таким чином, подальше вдосконалення тепло- масообмінного обладнання для сорбційних процесів при безпосередньому контакті газу і рідини в комбінованих блокових тарілчасто-насадочних апаратах, а також більш глибоке дослідження цього процесу, є актуальним завданням хімічної технології.

*Найсуттєвіші результати дисертації, їх достовірність і новизна, значення для теорії і практики.* Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що представлена наукова праця є однією небагатьох у вітчизняній науці, яка присвячена дослідженню нових протитечійних комбінованих контактних елементів, що працюють у активному гідродинамічному режимі, дозволила окреслити напрямки удосконалення запропонованої конструкції і сформулювати низку нових концептуальних наукових положень, надати авторські пропозиції з досліджуваних питань.

Найбільш вагомими науковими результатами дисертаційної роботи є:

*вперше отримано:*

- закономірності формування фазових потоків у блочному контактному елементі; виявлено існування кількох зон газорідинної системи: зони барботажу, зони однорідного пінного шару, пульсуюче-струменевої зони;

- залежності висоти пінного шару, гідродинамічного опору контактної ступені для визначення основних робочих параметрів даної конструкції



колонного апарату з комбінованими контактними елементами. Встановлено, що тарілки провального типу середнього вільного перетину ( $0,13-0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ) працюють більш стійко без утворення хвильового коливання пінного шару, ніж інші тарілки провального типу із малим ( $<0,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ) або більшим  $0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$  вільним перетином. Встановлено рекомендовані конструктивні параметри конструкції стабілізатору: висота блоку 50 - 60 мм, кут нахилу гофри до горизонтальної осі ( $\alpha$ )  $45^\circ - 60^\circ$ , кут між гранями гофри ламелей блоку ( $\beta$ ) -  $60^\circ$ , висота грані гофрування 5 - 15 мм, ламель може додатково перфоруватися отворами 2 - 3 мм з кроком 5 - 10 мм в залежності від технологічних умов процесу. Оптимальна висота розташування стабілізатора над полотном тарілки у діапазоні 100 - 120 мм. Показано, що при застосуванні стабілізаторів пінного шару газовміст на контактній ступені скорочується, що призводить до більш стабільної та рівномірної роботи апарату;

*набули подальшого розвитку:*

- теоретичні основи про механізми бризковіднесення в комбінованому контактному елементі та приведені емпіричні залежності для визначення величини бризковіднесення. Наведені рівняння для розрахунку нижньої та верхньої межі роботи комбінованого контактного елемента.

- залежності для розрахунку ефективності роботи комбінованого контактного елемента від режимних та конструктивних параметрів, які адекватно описують процеси, що спостерігались при експериментальних дослідженнях, та показують достатню кореляцію із експериментальними даними (в межах 5-20%).

Методологічною основою дослідження є загальнонаукові і спеціальні методи. При виконанні дисертаційної роботи використовували фізичні та фізико-хімічні методи аналізу. Фізичний експеримент проведено шляхом експериментальних випробувань гідродинамічних та масообмінних характеристик на лабораторній моделі комбінованого тепло- масообмінного апарату. Під час експериментальних досліджень використовували методи візуального спостереження поведінки двофазної системи всередині комбінованого контактного елемента, визначали гідродинамічні характеристики методами інструментальних вимірювань та залучали методи фізико-хімічного аналізу для якісного і кількісного складу сумішей. Графічна інтерпретація та статистична обробка результатів досліджень проводилася із застосуванням методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Науково-теоретичним підґрунтям для виконання дисертації стала низка вітчизняних та закордонних наукових публікацій за обраною темою. Обсяг узагальнених теоретичних та практичних матеріалів дозволяє стверджувати про достовірність і наукову обґрунтованість результатів виконаного дослідження. Одержані результати дослідження становлять як науково-теоретичний, так і практичний інтерес і можуть бути використані в:

- науковій діяльності - положення та висновки дисертації є основою для розробки подальших напрямків удосконалення колонних апаратів із



комбінованими контактними елементами, у тому числі блочних тарілчасто-насадкових апаратів для проведення тепло- масообмінних процесів. Результати дисертаційного дослідження впроваджені у наукову діяльність у Державному науково-дослідному та проектному інституті основної хімії „НІОХІМ”.

- конструкторській діяльності - сформульовані в дисертації пропозиції були основою для впровадження та використання при виконанні держбюджетних НДР «Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання» (МОН України, ДР №0117U003931), «Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі» (МОН України, ДР №0120U102036), зокрема, при виготовленні експериментальних (дослідних) зразків вузлів, обладнання та установок на матеріально-технічній базі науково-навчального центру комплексного інжинірингу «SSUChemTech» кафедри хімічної інженерії СумДУ;

- освітньому процесі - під час проведення занять, підготовки навчально-методичної літератури та викладенні спеціальних дисциплін кафедри Хімічної інженерії у Сумському державному університеті (Акт про впровадження результатів дисертаційного дослідження у навчальний процес Сумського державного університету від 22.12.2020 р.).

***Відповідність дисертації зазначеній спеціальності.*** Дисертація присвячена дослідженню гідродинамічних та тепломасообмінних характеристик блочних тарілчасто-насадочних секцій для колонних апаратів. За змістом завдань дослідження і за характером їх розв'язання та отриманими результатами дисертація «Гідродинамічні та тепломасообмінні характеристики модульних комбінованих тарілчасто-насадкових контактних секцій» повністю відповідає спеціальності 161 – хімічні технології та інженерія

#### **4. Кількість публікацій та повнота опублікування результатів дослідження**

Основні положення дисертації викладено в 20 наукових працях, з них 5 статей, зокрема 3 статті у наукових фахових виданнях з переліку МОН України; 2 статті у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science Core Collection; 3 публікації у матеріалах та працях міжнародних конференцій (у тому числі одна проіндексована базою даних Scopus) та 7 публікацій у матеріалах та працях вітчизняних конференцій; 5 патентів України на корисну модель, що відповідає вимогам Наказу МОН «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 23.09.2019 р. №1220.



1. Моїсєєв В.Ф., Манойло Є.В., Ляпощенко О.О., Хухрянський О.М. Пономарьова Н.Г. Структура пінного шару на протитечійних контактних елементах зі стабілізацією. Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2018. №26 (1302). Т.2. С. 83-92.

*Особистий внесок - експериментальні дослідження, обробка результатів та формуванні висновків.*

2. Liaposhchenko O., Moiseev V., Ochowiak M., Manoilo E., Khukhryansky O. Intensification of Foam Layered Apparatus by Foam Stabilization. Journal of Engineering Sciences. 2018. Vol. 5, Issue 2. P. F13-F18.

*Особистий внесок – проведення літературного огляду за темою, поставив завдання дослідження та приймав участь у обробці та інтерпретації експериментальних даних.*

3. Liaposhchenko O.O., Moiseev V.F., Marenok V.M., Khukhryansky O.M., Starynsky O.Ye., Kovtun V.V. Simulation of chemical and technological processes of a hydrocarbon preparation plant. Journal of Hydrocarbon Power Engineering. 2019. Volume 6. Issue 1. P.7-13.

*Особистий внесок - проведення моделювання процесів в тарілчастих і насадкових контактних секціях абсорбційного та ректифікаційного колонного обладнання.*

4. Moiseev V., Liaposhchenko O., Trebuna P., Manoilo E, Khukhryansky O. Properties of heat and mass transfer processes in the tubular grids with the heat exchanger as a stabilizer. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, 2020. P.795-804.

*Особистий внесок - аналіз експериментальних даних та проведення їх статистичної обробки, розрахунок коефіцієнтів емпіричних рівнянь.*

5. Moiseev V., Liaposhchenko O., Manoilo E., Khukhryansky O. Demianenko M. Hydrodynamic Parameters of a Combined Contact Device. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, 2021. P.257-267.

*Особистий внесок - розробка математичної моделі, алгоритмів розрахунку, які дозволяють оцінити гідродинамічні параметри комбінованого контактного елемента.*

6. Liaposhchenko O., Pavlenko I., Ivanov V., Demianenko M., Starynskyi O., Kuric I., Khukhryansky O. Improvement of Parameters for the Multi-Functional Oil-Gas Separator of 'HEATER-TREATER' Type. 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019. Tokyo, Japan: Waseda University, IEEE, 2019. P.66-71.

*Особистий внесок – проведення літературного огляду за темою та обробка експериментальних даних.*

7. Moiseev V., Manoilo E., Hrubnic A., Liaposhchenko A., Khukhryansky O. Reducing of gas emissions from the production of calcinated soda ash. International joint forum LEA'2018 & YSTCMT'2018, November 22-24, 2018, Lviv, Ukraine.

8. Ляпощенко О.О., Моїсєєв В.Ф., Манойло Є.В., Хухрянський О.М. Застосування блочно-комбінованих контактних елементів у колонних апаратах. Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали



IV Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 18 квітня 2019 р./ Шосткинський інститут СумДУ, СумДУ, Суми, 2019. С. 16.

9. Liaposhchenko O., Moiseev V., Manoilo E., Khukhryansky O. Foam layered apparatus with foam stabilization. 2nd International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering»: Lviv, June 24–28th, 2019 / Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2019. P. 72-73.

10. Ляпощенко О.О., Хухрянський О.М. Інтенсифікація та підвищення екологічної безпеки абсорбційних систем шляхом стабілізації пінного шару. Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року./ Шосткинський інститут СумДУ, СумДУ, Суми, 2020. С. 10-11

11. Liaposhchenko O.O. Khukhryansky O. Improvement and intensification of environmental safety of absorbing systems by stabilization of foam layer. Екологічна безпека держави: тези доповідей XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Київ, 23 квітня 2020 року./ Національний авіаційний університет, К.: НАУ, 2020. С. 19-20

12. Шах А.Д., Михайловський Я.Е., Старинський О.Є., Дем'яненко М.М., Хухрянський О.М., Ляпощенко О.О. Особливості розрахунку фазової рівноваги у парорідинних багатокомпонентних системах. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – С.269-270.

13. Liaposhchenko O.O., Khukhryansky O. Improvement of environmental safety of gas-liquid sorbing systems by stabilization of foam layer. Екологічна безпека держави: тези доповідей XV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, м. Київ, 22 квітня 2021 року./ Національний авіаційний університет. К.: НАУ, 2021. С. 21-22

14. Liaposhchenko O., Khukhryansky O. Gas-liquid layer height in a countercurrent combined contact device. Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали VI Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 22 квітня 2021 року / Шосткинський інститут СумДУ, СумДУ, Суми, 2021. С. 19-20

15. Ляпощенко О.О., Моїсєєв В.Ф., Хухрянський О.М., Сейф Хуссейн. Моделювання процесів сепарації та тепломасообміну у дво- та трифазних багатокомпонентних системах. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Суми: Сумський державний університет, 2021. – С.210.

16. Стабілізатор пінного апарата: пат. № 138876. Україна: B01D47/00. № u 2019 05820; заявл. 27.05.2019; опуб. 10.12.2019, Бюл. №23. 4 с.

17. Пінний апарат: пат. № 141351. Україна: B01D47/04. № u 2019 07739; заявл. 09.07.19; опуб. 10.04.2020, Бюл. № 7.

18. Комбінований тепломасообмінний апарат. пат. № 141368. Україна: B01D47/04. № u 2019 08389; заявл. 16.07.19; опуб. 10.04.2020, Бюл. № 7



19. Пристрій для розділення двокомпонентних емульсій: Пат. №144878 U Україна, МПК (2020.01) B01D 17/02 (2006.01) B03C 5/00. — №u202003764; Заявлено 22.06.2020; Надрук. 26.10.2020, Бюл. №20, 2020.

20. Підігрівач-деемульсатор типу «Heater-Treater»: Пат. №147128 U Україна, МПК (2020.01) B01D 17/02 (2006/01) B01D 19/00. — №u202006971; Заявлено 30.10.2020; Надрук. 15.04.2021, Бюл. №15, 2021.

### 5. Висновок

Подана дисертація Хухрянського Олега Миколайовича на тему «Гідродинамічні та тепломасообмінні характеристики модульних комбінованих тарілчасто-насадкових контактних секцій» за науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, практичним значенням, обсягом і оформленням відповідає вимогам передбачених п. 10 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р. щодо дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

#### Рецензенти:

завідувач кафедри екології та природозахисних технологій,  
д-р техн. наук, професор

Л. Д. Пляцук

докторант, ст. викладач кафедри  
хімічної інженерії,  
канд. техн. наук

М. С. Скиданенко



Підпис *Григорук І.Д. Скиданенко І.С.*  
засвідчує  
*Звєрич Ігор В'яч.* відділу кадрів  
*О.С. Соловйов*