

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Дем'яненко Марини Миколаївни на тему “Гідродинаміка та гідроаеропружність динамічних сепараційних пристроїв”, поданою на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

Актуальність теми дослідження. З точки зору енергоефективності та інтенсивності сепарації оптимальними сепараційними пристроями є пристрої, основна рушійна сила процесу розділення яких - це сила інерції. Руйнування плівки з наступним зривом і вторинним бризковинесенням є розповсюдженою проблемою для сепараційних пристроїв робота яких заснована на розділенні в полі сил інерції. Існуючі на сьогодні шляхи вирішення даної проблеми, а саме збільшення вільного перетину; забезпечення регулярного відведення рідини та ін., не впливають на зміну значення критичної швидкості газового потоку при якому відбувається вторинне бризковинесення. Тому було запропоновано використовувати динамічні сепараційні пристрої, які дозволяють регулювати гідравлічний опір та використовувати накладені вібрації для підвищення ефективності розділення гетерогенних систем. Задачі математичного, фізичного та числового моделювання даних процесів ускладняється гідроаеропружною взаємодією пружних відбійних елементів динамічних сепараційних пристроїв та газорідного потоку і відноситься до невирішених задач та визначають актуальність проведених досліджень. Дослідження процесів розділення гетерогенних систем за рахунок динамічних процесів вібраційно-інерційної сепарації мають пряме відношення до науково-прикладних проблем галузевого машинобудування. У зв'язку з вищезазначеним можна стверджувати, що тема дисертації представляється актуальною, має важливе наукове і практичне значення, оскільки спрямована на вирішення актуального наукового завдання, що має істотне значення для галузевого машинобудування, сутність якого полягає в визначенні гідродинамічних показників та гідроаеропружних характеристик динамічних сепараційних пристроїв.

Найсуттєвіші результати дисертації, їх достовірність та новизна, значення для теорії та практики. Наукова новизна результатів дослідження полягає в розробці математичних моделей гідроаеропружної взаємодії потоку з пружними елементами динамічних сепараційних пристроїв, визначенні основних гідродинамічних показників і гідроаеропружних характеристик роботи даних пристроїв та видачі практичних рекомендації щодо їх проектування, виготовлення та експлуатації.

Найбільш вагомими науковими результатами дисертаційної роботи є:

вперше отримано:

- розв'язок задачі гідроаеропружності для взаємодії газодисперсного потоку та пружних сепараційних елементів у формі похилого параболічного напівциліндра, з урахуванням їх попередньої деформації;

- залежності, що визначають зміну геометричної форми синусоїдального каналу динамічного сепараційного пристрою в результаті гідродинамічної та гідроаеропружної взаємодії з потоком;

- аналітичні залежності для оцінювання значень коефіцієнтів жорсткості за даними експериментальних і чисельних досліджень із використанням методів теорії оцінювання параметрів;

набули подальшого розвитку:

- математична модель, що описує тривимірне стікання плівки вловленої рідини по осаджувальним поверхням модульних динамічних сепараційних пристроїв шляхом уведення спрощень, припущень та оцінювання порядку малості величин;

- науковий підхід щодо раціонального вибору компоновань модульних сепараційних пристроїв на основі технологічних та експлуатаційних параметрів, що дозволяє вдосконалити процеси їх проектування та складання із забезпеченням необхідних умов експлуатації.

У ході дослідження використано наступні наукові методи: метод скінченних елементів – при створенні математичних моделей взаємодії газорідного потоку та пружних відбійних елементів динамічних сепараційних пристроїв; аналітичне вирішення рівнянь Нав'є-Стокса – при удосконаленні тривимірної моделі стікання плівки вловленої рідини; метод скінченних об'ємів та елементів – при проведенні числових моделювань гідроаеропружної взаємодії за допомогою програмного комплексу ANSYS, його модулів FLUENT та Transient Structural пов'язаних за допомогою технології System Coupling; метод найменших квадратів – при обробці даних експериментальних досліджень з використанням програми MathCAD.

Практичне значення одержаних результатів дисертаційної роботи полягає в розробці методики інженерного розрахунку модульних динамічних сепараційних пристроїв, що ґрунтується на результатах числових, фізичних та математичних моделювань процесу гідроаеропружної взаємодії газорідного потоку та пружних відбійних елементів; розробці сучасного проблемо-орієнтованого підходу щодо кодування модульних сепараційних пристроїв за конструкторсько-технологічними та експлуатаційними ознаками та обґрунтуванні конструкцій елементів модульного сепараційного пристрою, що забезпечують необхідну точність складання, ефективність експлуатації пристрою та реалізації робочого процесу.

Рекомендації впроваджено на наступних промислових підприємствах:

- ТОВ "ПРОМ-ЕНЕРГО ПРОДУКТ": договір № 51.18-20196.СП/03 від 23 жовтня 2019 р. на надання наукових послуг за темою "Теоретичні основи процесів стиснення, теплообміну і сепарації в поршневіх компресорних машинах та установках";

- ТОВ "Аграрник": договір № 51.18-2020.СП/01 на проведення серій математичних моделювань сепараційного обладнання для розділення двофазних систем;

Отримані результати у використанні навчальному процесі Сумського державного університету при підготовці навчально-методичних матеріалів дисциплін «Гідроаеропружність», «Обладнання газо- та нафтопереробних виробництв», «Процеси та обладнання газороздільних установок», «Технологічні лінії та комплекси нафтопереробних виробництв», «САПР технологічних ліній та комплексів хімічних і нафтогазопереробних виробництв», що дозволило покращити рівень підготовки фахівців.

Відповідність дисертації зазначеній спеціальності. Дисертація присвячена моделюванню гідродинамічних процесів та гідроаеропружної взаємодії пружних відбійних елементів та потоку в динамічних сепараційних пристроях, розробці методів розрахунку гідродинамічних показників та гідроаеропружних характеристик динамічних сепараційних пристроїв та видачі практичних рекомендацій щодо їх проектування, виготовлення та експлуатації. За змістом завдань дослідження, методами їх розв'язку та одержаними результатами дисертація "Гідродинаміка та гідроаеропружність динамічних сепараційних пристроїв" повністю відповідає спеціальності 133 – Галузеве машинобудування. Необхідно відмітити, що дисертаційне дослідження Дем'яненко М. М. виконане у відповідності з науково-дослідних робіт Сумського державного університету, а саме "Розробка та впровадження енергоефективних модульних сепараційних пристроїв для нафтогазового та очисного обладнання" (№0117U003931) та "Створення нових гранульованих матеріалів для ядерного палива та каталізаторів в активному гідродинамічному середовищі" (№0120U102036).

Кількість публікацій та повнота опублікування результатів дослідження. Основні наукові результати опубліковані в 24 наукових працях, зокрема 8 статей (з яких 2 індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science), 12 публікацій в матеріалах конференцій та 4 патенти України на корисну модель.

1. Pavlenko I., Liaposhchenko A., Ochowiak M., Demyanenko M. Solving the stationary hydroaeroelasticity problem for dynamic deflection elements of separation devices. *Vibrations in Physical Systems - Poznan University of Technology*, 2018. Volume 29. P. 1 – 7.

Особистий внесок - розв'язок стаціонарної задачі гідроаеропружності для динамічних сепараційних пристроїв.

2. Pavlenko, I.; Liaposhchenko, O.; Ochowiak, M.; Olszewski, R.; Demianenko, M.; Starynskyi, O.; Ivanov, V.; Yanovych, V.; Włodarczak, S.; Doligalski, M. Three-Dimensional Mathematical Model of the Liquid Film Downflow on a Vertical Surface. *Energies*. 2020. 13, 1938.

Особистий внесок - удосконалення математичної моделі, що описує тривимірне стікання плівки вловленої рідини по осаджувальним поверхням модульних динамічних сепараційних пристроїв.

3. Demianenko M., Volf M., Pavlenko I., Liaposhchenko O. Experimental studies on oscillation modes of vibration separation devices. Journal of Engineering Sciences. 2021. Vol. 8(1), pp. D1 – D9.

Особистий внесок - експериментальне дослідження гідродинаміки та гідроаеропружності динамічних сепараційних пристроїв.

4. Demianenko, M., Volf, M., Pavlenko, V., Liaposhchenko, O., Pavlenko, I. The solution of the stationary aeroelasticity problem for a separation channel with deformable sinusoidal walls. Journal of Engineering Sciences. (2020). Vol. 7(1), pp. D5 – D10.

Особистий внесок - одержані залежності, що визначають зміну геометричної форми синусоїдального каналу динамічного сепараційного пристрою в результаті гідродинамічної та гідроаеропружної взаємодії з потоком.

5. Pavlenko, I. V., Liaposhchenko, O. O., Demianenko, M. M., Starynskyi, O. Ye. Static calculation of the dynamic deflection elements for separation devices. Journal of Engineering Sciences, 2017. Vol. 4(2), pp. B19 - B24.

Особистий внесок - створення математичної моделі статичного розрахунку відбійних елементів динамічних сепараційних пристроїв та розв'язав задачу статичної гідроаеропружності.

6. Liaposhchenko, O., Pavlenko, I., Monkova, K., Demianenko, M., Starynskyi, O. Numerical simulation of aeroelastic interaction between gas-liquid flow and deformable elements in modular separation devices. Advances in Design, Simulation and Manufacturing II, Springer International Publishing, 2020. P. 765 - 774.

Особистий внесок - чисельний розв'язок нестационарної задачі гідродинаміки та гідроаеропружності динамічних сепараційних пристроїв.

7. Demianenko M., Liaposhchenko O., Pavlenko I., Luscinski S., Ivanov V. Methodology of experimental research of aeroelastic interaction between two-phase flow and deflecting elements for modular separation devices. Advanced Manufacturing Processes. Springer, Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020. P. 1 – 11.

Особистий внесок – спроектовано та виготовлено експериментальний стенд для дослідження гідродинаміки та гідроаеропружності динамічних сепараційних пристроїв.

8. Демьяненко М.Н., Ляпощенко А.А., Павленко И.В., Склабинский В.И. Решение уравнений Навье-Стокса и задачи гидроаэроупругости для процессов сепарации в криволинейных каналах. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». 2015. № 27. С. 53 – 64.

Особистий внесок - одержані залежності між гідродинамічними характеристиками потоку і пружними характеристиками динамічних відбійних елементів.

9. О.О. Ляпощенко, І.В. Павленко, Р.Ю. Усик, М.М. Дем'яненко, Моделювання процесів сепарації та розробка методики розрахунку трифазного сепаратора. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: науковий журнал. Серія «Технічні науки». 2015. № 47. Т. 1. С. 62 – 66.

Особистий внесок - проведено числове моделювання процесу розділення багатокомпонентних гетерогенних систем із застосуванням динамічних сепараційних пристроїв.

10. Ляпощенко О.О., Іванов В.О., Павленко І.В., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Ковтун В.В. Оптимізаційне компонування фазних розділювачів з застосуванням модульних сепараційних пристроїв. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: науковий журнал. Серія «Технічні науки». 2018. Т.82. №1. С.128 - 133.

Особистий внесок - створено підхід щодо раціонального вибору компонувань модульних сепараційних пристроїв і чисельно розв'язав задачу гідродинаміки потоку в динамічному сепараційному пристрої.

11. Ляпощенко О.О., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Янович В.П., Павленко І.В. Експериментальне дослідження взаємодії газорідного потоку з деформівними елементами модульного сепараційного пристрою за допомогою PIV. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції. Суми: Сумський державний університет, 2020. С.155 - 156.

12. Гусак О., Іванов В., Павленко І., Ляпощенко О., Дем'яненко М., Старинський О., Математичні моделювання процесів, протікаючих в динамічних сепараційних елементах. I Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2019”, 2019. С. 238 - 239.

13. Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Павленко І.В., Ляпощенко О.О. Використання засобів ідентифікації математичних моделей для створення інженерної методики розрахунку вібраційно-інерційних сепараційних пристроїв. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VI Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. Суми: Сумський державний університет, 2019. С. 141 - 142.

14. Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Павленко І.В., Ляпощенко О.О. Розроблення методики проведення експериментальних досліджень впливу механічних коливань на газорідний потік. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VI Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. Суми: Сумський державний університет, 2019. С. 143 - 144.

15. Дем'яненко М.М., Павленко І.В., Ляпощенко О.О. Розширення діапазону ефективної роботи динамічних сепараційних елементів за рахунок використання віброкоагуляції газорідного потоку. Сучасні технології у

промисловому виробництві: матеріали V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. Суми: Сумський державний університет, 2018. С. 134.

16. Павленко І.В., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є. Оптимізаційне профілювання каналів динамічних сепараційних пристроїв з використанням сучасних програмних комплексів. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали V Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції – Суми: Сумський державний університет, 2018. С. 231.

17. Ляпощенко О.О., Павленко І.В., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є., Ковтун В.В., Голохвост О.О. Застосування методів обчислювальної гідродинаміки до оптимізації конструкцій модульних сепараційних пристроїв багатофазних розділювачів. III Міжнародна науково-практична конференція "Прикладні науково-технічні дослідження (applied scientific and technical research)", Академія технічних наук України, Університет Короля Данила, Івано-Франківський національний університет нафти і газу. 2019. С. 132.

18. О.О. Ляпощенко, В.М. Маренок, М.М. Дем'яненко, О.Є. Старинський, В.В. Ковтун, О.О. Голохвост Оптимізаційне моделювання модульних сепараційних пристроїв у багатофазних розділювачах. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали VI Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. – Суми: Сумський державний університет. 2019. С. 243.

19. Ляпощенко О.О., Павленко І.В., Іванов В.О., Дем'яненко М.М., Старинський О.Є. Розроблення конструкторсько-технологічної класифікації модульних сепараційних пристроїв. XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво». 2018. С. 120-122.

20. Liaposhchenko, O.O., Starynskyi O.Ye., Demianenko M.M., Pavlenko I.V. Hydrodynamics simulation and forecasting the efficiency of separation equipment oil stabilization unit of Gnidyntsy gas processing plant. II Міжнародна науково-технічна конференція "Машини обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу PGE – 2018", 2018. С. 340 - 342.

21. Пат. 102445 Україна, МПК В01D 45/04 (2006.01). Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку / О.О. Ляпощенко, І.В. Павленко, О.В. Настенко, Р.Ю. Усик, М.М. Дем'яненко; заявник та патентовласник Сумський державний університет. № u201505124; заявл. 25.05.2015; опубл. 26.10.2015, бюл.№ 20.

22. Пат. 111039 Україна, МПК В01D 45/00 (2016.01). Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку / О.О. Ляпощенко, О.В. Настенко, І.В. Павленко, М.М. Дем'яненко та ін.; заявник та патентовласник Сумський державний університет. № u201605061; заявл. 06.05.2016; опубл. 25.10.2016, бюл. № 20.

23. Пат. 130464 U Україна, МПК В01D 45/04 (2006.01) Пристрій для сепарації дисперсної рідини з газового потоку / О.О. Ляпощенко, І.В. Павленко, М.М. Дем'яненко, О.Є. Старинський, В.В. Ковтун; заявник та

патентовласник Сумський державний університет. № u201806182; заявл. 04.06.2018; опубл. 10.12.2018, бюл. № 23.

24. Пат. №145173 U Україна, МПК В01D 17/00 (2006.01) Пристрій для розділення двофазних газорідинних багатокомпонентних систем / О.О. Ляпощенко, В.Я. Стороженко, М.С. Скиданенко, І.В. Павленко, В.А. Шматенко, М.М. Дем'яненко, О.Є. Старинський, С. Хуссейн; заявник та патентовласник Сумський державний університет. № u202003718; заявл. 19.06.2020; опубл. 26.12.2020, бюл. №22, 2020.

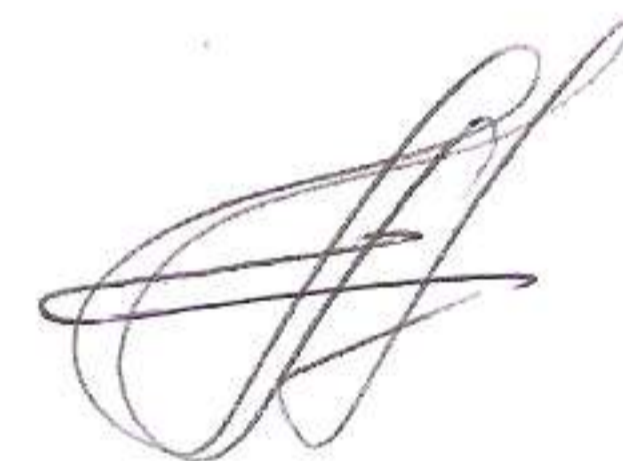
Висновок. Вважати, що подана дисертація Дем'яненко Марини Миколаївни "Гідродинаміка та гідроаеропружність динамічних сепараційних пристроїв" за науковим рівнем, актуальністю виконаних досліджень, практичним значенням, обсягом та оформленням повністю відповідає вимогам передбаченим п вимогам пп. 10, 11 та 12 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р.

Рецензенти:

проф. кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів, д-р техн. наук, професор

 **В. О. Залога**

доц. кафедри комп'ютерної механіки
ім. В. Марцинковського,
канд. техн. наук, доцент

 **Є. М. Савченко**

Залоги В.О.
Підпис *Савченко Є.М.*
засвідчую
проф. Залоги В.О. відділу кадр
Савченко Є.М.

