



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

проф. Іван ДЕМИДОВ

« 23 » 12 2024 р.

Висновок

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
докторської дисертації «Наукові основи тепломасообмінних процесів під
час виробництва альтернативного твердого палива
з вторинної сировини рослинного походження»**

**заступника директора з науково-педагогічної роботи навчально-наукового
інституту хімії та хімічних технологій, доцента кафедри хімічної інженерії,
кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника, доцента
Іващука Олександра Сергійовича,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.17.08 *Процеси та обладнання хімічної технології***

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 18 від 17 грудня 2024 р.) рецензенти, а саме:

- професор кафедри екології та збалансованого природокористування, д.т.н., професор Ярослав ГУМНИЦЬКИЙ;
- завідувач кафедри теплогазопостачання і вентиляції, д.т.н., професор Василь ЖЕЛИХ;
- завідувач кафедри цивільної безпеки, д.т.н., професор Олег НАГУРСЬКИЙ,

розглянувши докторську дисертацію Іващука Олександра Сергійовича «Наукові основи тепломасообмінних процесів під час виробництва альтернативного твердого палива з вторинної сировини рослинного походження» (тему дисертації затверджено рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка», протокол № 18 від 17 грудня 2024 р.), наукові публікації здобувача наукового ступеня доктора наук, в яких висвітлено основні результати докторської дисертації, а також за результатами міжкафедрального наукового фахового семінару кафедри хімічної інженерії (протокол № 3 від 23 грудня 2024 р.), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення докторської дисертації.

1. Актуальність теми

За умов зростання популяції людства, зростає світова потреба у енергоносіях. Частка традиційних повільновідновлювальних ресурсів у споживанні енергії є стабільно високою. Зважаючи на погіршення екологічної

ситуації, важливим є пошук нових сировинних джерел як альтернативи традиційному твердому паливу – викопному вугіллю та деревині. Незважаючи на існуючі альтернативи у вигляді швидкоростучих трав та відходів сільськогосподарських культур, пошук та дослідження перспективної сировини є важливим науковим завданням. В Україні є значні ресурси вторинної сировини рослинного походження, що теоретично придатна бути використаною для виготовлення твердого палива – як відходи промисловості, так і природні ресурси. Переважно вторинна сировина рослинного походження володіє надлишковою вологістю, що обмежує строк придатності та можливість цільового використання. Дослідження тепломасообмінних закономірностей попереднього сушіння вторинної сировини рослинного походження за допомогою вискоелективного фільтраційного методу дозволить закласти наукові основи попередньої підготовки вторинної сировини рослинного походження для виготовлення альтернативного твердого палива, що своєю чергою буде кроком до раціонального природокористування, сталого розвитку, покращення управління відходами та біоциркулярної економіки й розширення можливостей використання природних ресурсів. Зважаючи на вищенаведене, тема дисертаційної роботи Іващука О.С. є, поза сумнівом, актуальною.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Дисертаційна робота виконана згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри хімічної інженерії Національного університету «Львівська політехніка», які проводяться у відповідності з основними напрямками наукової діяльності Національного університету «Львівська політехніка»: «Гідродинаміка і тепломасообмін в системі «тверде тіло – газ», «тверде тіло – рідина» (номер державної реєстрації 0117U004122), «Чисельне моделювання гідромеханічних, хімічних, тепло- і масообмінних процесів» (номер державної реєстрації 0117U004123). Дисертаційна робота виконана в межах держбюджетної теми «Створення взірців вискоелективного альтернативного твердого палива з відходів харчової промисловості рослинного походження» (БФ-2-2023, номер державної реєстрації 0123U104178). Автор дисертаційної роботи був виконавцем цієї держбюджетної теми. Дисертаційна робота була виконана в межах проєкту Horizon Europe «Підтримка європейських досліджень і розробок через співпрацю із зацікавленими сторонами та інституційну реформу» (“SupportING European R&I Through stakeholder collaboration And insTitutional rEform”, INITIATE, HORIZON-WIDERA-2023-ACCESS-03, номер проєкту 101136775). Автор дисертаційної роботи є виконавцем цього проєкту.

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Внесок автора полягає у загальній постановці проблеми та обґрунтуванні мети, визначенні об'єктів і завдань досліджень; створенні та опрацюванні методик та завдань експериментальних досліджень та аналізів; плануванні

виконанні, аналізі та узагальненні одержаних результатів; визначенні та обґрунтуванні напрямків практичної реалізації досліджень; формулюванні висновків. Внесок автора у вирішення завдань, що виносяться на захист, є основним.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність та обґрунтованість одержаних результатів забезпечені чіткою постановкою та виконанням завдань, проведенням необхідної кількості експериментів для досягнення необхідної відтворюваності в лабораторних умовах, використанням стандартизованих методик та сучасного обладнання. Методологічну основу дисертації становлять загальнонаукові підходи та принципи проведення досліджень. У роботі було використано методи фізичного, математичного і комп'ютерного моделювання. У роботі проведено аналітичну обробку та математичне узагальнення одержаних результатів досліджень, подібність експериментальних даних та теоретичних розрахунків підтвердило адекватність отриманих рівнянь, залежностей та запропонованих алгоритмів розрахунку.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертаційної роботи порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Вперше:

- експериментально досліджено гідродинаміку, кінетику і динаміку фільтраційного сушіння семи різних за формою і структурною будовою частинок дослідженої вторинної сировини рослинного походження та вплив на швидкість видалення вологи за різної висоти шару висушуваного матеріалу, швидкості руху теплового агента, його початкової температури;
- отримано результати комп'ютерного моделювання гідродинаміки руху теплового агента крізь стаціонарний шар вторинної сировини рослинного походження під час процесу фільтраційного сушіння за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ANSYS Fluent;
- отримано критеріальні залежності для визначення коефіцієнтів зовнішнього теплообміну у стаціонарному шарі для досліджуваних матеріалів;
- отримано критеріальні залежності для визначення коефіцієнтів масообміну у стаціонарному шарі для досліджуваних матеріалів;
- встановлена аналогія між зовнішнім теплообміном та масообміном з використанням числа Льюїса для досліджуваних матеріалів;
- отримані теоретичні залежності, які дають змогу визначати коефіцієнти внутрішньої дифузії під час фільтраційного сушіння для досліджуваних матеріалів;
- отримані математичні залежності, які описують зміну вологовмісту вторинної сировини рослинного походження в часі та тривалість процесу фільтраційного сушіння за різних параметрів процесу: висоти шару

вологого матеріалу, температури теплового агенту, швидкості руху теплового агенту;

- досліджено основні теплотворні характеристики зразків альтернативного твердого палива із осушеної фільтраційним методом вторинної сировини рослинного походження.

Набули подальшого розвитку теоретичні основи:

- гідродинаміки стаціонарного шару вторинної рослинної сировини під час фільтраційного сушіння, на основі отриманих критеріальних залежностей, доповнених геометричним симплексом, які характеризують внутрішню задачу гідродинаміки та визначені невідомі коефіцієнти модифікованого рівняння Ергана для досліджуваних матеріалів;
- кінетики фільтраційного сушіння на основі отриманих розрахункових залежностей, які дають змогу прогнозувати швидкість видалення вологи та час досягнення кінцевої вологості досліджуваних матеріалів.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні результати досліджень опубліковано у 45 наукових працях, з них 4 розділи у колективних монографіях, 22 статті, з них 16 статей у наукових виданнях, що входять до наукометричних баз Scopus та Web of Science, 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 патент на винахід, 18 доповідей та матеріалів конференцій міжнародного та всеукраїнського рівня.

Монографії:

1. Івашук, О., Атаманюк, В., Чижович, Р., Манастирська, В., & Собечко, І. (2022). Дослідження одержання альтернативного твердого палива із відходів харчової промисловості. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: колективна монографія*, Київ : Яроценко Я. В., 80–92. ISBN: 978-617-7826-23-0 *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
2. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Manastyrskaya, V., Chyzhovych, R., Sobechko, I., & Moravskiy, V. (2023). Research of solid fuel briquettes obtaining from brewer's spent grain and coffee waste. *The Monograph of the 11th European Young Engineers Conference, Warsaw*, 26–29. ISBN 978-83-953822-1-5 *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
3. Чижович, Р., Івашук, О., & Атаманюк, В. (2023). CFD-моделювання потоку теплового агенту через шар ячмінної пивної дробини. *Chemical Technology and Engineering – 2023: Monograph*, Lviv: Rastr-7, с. 7–14. ISBN 978-617-8296-99-5 *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, комп'ютерне моделювання та графіка.*

4. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., & Barabakh, S. (2024). Hydrodynamics of filtration drying of food industry secondary raw materials. *The Monograph of the 12th European Young Engineers Conference, Warsaw*, 22–25. ISBN 978-83-953822-2-2 *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.*

Статті у наукових фахових виданнях, які включені до наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science):

1. Gnativ, Z. Ya., Ivashchuk, O. S., Hrynychuk, Yu. M., Reutskyi, V. V., Koval, I. Z., & Vashkurak, Yu. Z. (2020). Modeling of internal diffusion mass transfer during filtration drying of capillary-porous material. *Mathematical Modeling and Computing*, 7(1), 22–28. **(Scopus, Q4)** *Особистий внесок – обробка і опис результатів.*
2. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Gnativ, Z. Ya., Chyzhovych, R. A., & Zhrebetskyi, R. R. (2021). Research into kinetics of filtration drying of alcohol distillery stillage. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, (4), 58–65. **(Scopus, Q3)** *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.*
3. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Kiiaieva, S. S., Zhrebetskyi, R. R., & Sobechko, I. B. (2022). Preparation of an alternate solid fuel from alcohol distillery stillage. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, (1), 54–59. **(Scopus, Q3)** *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
4. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Kiiaieva, S. S., Duleba, V. P., & Sobechko, I. B. (2022). Research of solid fuel briquettes obtaining from brewer's spent grain. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(2), 216–221. **(Scopus, Q4; Web of Science)** *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
5. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., & Sobechko, I. B. (2023). Using coffee production waste as a raw material for solid fuel. *Journal of Chemistry and Technologies*, 30(4), 588–594. **(Scopus, Q4; Web of Science)** *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
6. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Manastyrskaya, V. A., & Sobechko, I. B. (2023). Using of barley bran in the production of alternative solid fuel from coffee production waste. *Journal of Chemistry and Technologies*, 31(2), 318–324. **(Scopus, Q4; Web of Science)** *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
7. Ivashchuk, O.S., Atamanyuk, V.M., Chyzhovych, R.A., & Barabakh, S.A. (2024). Kinetic regularities of filtration drying of corn alcohol distillery stillage. *Voprosy*

- Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, (1), 12–20. **(Scopus, Q3)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.
8. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Manastyrskaya, V., Barabakh, S., & Hnativ, Z. (2024). Kinetic regularities of the filtration drying of barley brewer's spent grain. *Chemistry & Chemical Technology*, 18(1), 66–75. **(Scopus, Q3; Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.
 9. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Manastyrskaya, V., Barabakh, S., & Sobechko, I. (2024). Research of solid fuel production from horse chestnut seeds. *Journal of Chemistry and Technologies*, 32(1), 131–137. **(Scopus, Q4; Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.
 10. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., & Chyzhovych, R. (2024). Investigation of regularities of the filtration drying kinetics of coffee production waste. *Food Science and Technology*, 18(1), 65–72. **(Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.
 11. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., & Chyzhovych, R. A. (2024). Efficiency investigation of coffee production waste drying by filtration method. *Journal of Engineering Sciences*, 11(2), F9–F16. **(Scopus; Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, розробка алгоритму та виконання розрахунків.
 12. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Manastyrskaya, V., Barabakh, S., & Sobechko, I. (2024). Research of common oak acorns use for alternate solid fuel production. *Journal of Chemistry and Technologies*, 32(3), 599–604. **(Scopus, Q4; Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.
 13. Ivashchuk, O., Chyzhovych, R., Atamanyuk, V., & Hnativ, Z. (2023). The Computer Modeling of the Thermal Agent Hydrodynamics Through the Alcohol Distillery Stillage Stationary Layer. *2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM)*, Jaroslaw, Poland: p. 1–4. **(Scopus; Web of Science)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, комп'ютерне моделювання та графіка.
 14. Ivashchuk, O., Chyzhovych, R., & Atamanyuk, V. (2024). Simulation of the thermal agent movement hydrodynamics through the stationary layer of the alcohol distillery stillage. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9, 100566. **(Scopus, Q1)** Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, комп'ютерне моделювання та графіка.

15. Ivashchuk, O.S., Atamanyuk, V.M., & Chyzhovych, R.A. (2024). Valourization of using efficiency of filtration drying for alcohol distillery stillage. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100820. (Scopus, Q1)
Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, розробка алгоритму та виконання розрахунків.

16. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Manastyrskaya, V., & Sobechko, I. (2024). Evaluation of the Apple Pomace Use as a Raw Material for Alternative Solid Fuel. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 12(4), 1120529. (Scopus, Q1; Web of Science)
Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Іващук, О.С., Атаманюк, В.М., Чижович, Р.А., & Барабах, С.А. (2024). Визначення оптимальних параметрів фільтраційного сушіння ячмінної пивної дробини. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 7(1), 183–187. Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.
2. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., & Boldyryev, S. (2024). Investigation of the beet pulp filtration drying kinetics. *Environmental Problems*, 9(3), 179–186. Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, розробка алгоритму та математична обробка результатів.
3. Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., & Чижович, Р. А. (2024). Дослідження гідродинаміки руху теплового агента для фільтраційного сушіння бурякового жому. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”*. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, 3(23), 9–18. Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, комп’ютерне моделювання та графіка.
4. Ivashchuk, O., Atamanyuk, V., Chyzhovych, R., Vacho, S., Boldyryev, S. (2024). Investigation of the efficiency of a beet pulp filtration drying process. *Environmental Problems*, 9(4), 268–274. Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, розробка алгоритму та математична обробка результатів.
5. Іващук, О.С., Атаманюк, В.М., & Чижович, Р.А. (2024). Оцінка ефективності використання фільтраційного сушіння для промислового осушення пивної дробини. *Chemistry, Technology and Application of Substances*, 7(2), 161-167. Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, розробка алгоритму та математична обробка результатів.

6. Іващук, О., Атаманюк, В., Чижович, Р., Манастирська, В., & Собечко, І. (2024). Дослідження виготовлення альтернативного твердого палива з бурякового жому. *Scientific Works*, 88(1), 70-75. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*

Патенти

1. Іващук, О., Атаманюк, В., & Чижович, Р. (2024, Липень 3). Патент України №128410 С2, МПК С10L 5/44 (2006.01), В09В 3/32 (2022.01) “Тверде паливо” Іващук, О.С., Атаманюк, В.М., Чижович, Р.А. – Заявка № а 2021 04475 від 02.08.2021 р., Національний університет «Львівська Політехніка». *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*

Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Kuzminchuk, T., Zherebetskyi, R., & Kiiiaieva, S. (2021). Research of the calorific value of dried alcohol distillery stillage. *3rd International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering»: Proceedings*, 200–201. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
2. Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., Чижович, Р. А., Кузьмінчук, Т. А., Кіяєва, С. С., & Жеребецький, Р. Р. (2021). Дослідження теплотворної здатності осушеної післяспиртової барди. *Матеріали XII Міжнародної онлайн-конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики»*, 56–57. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
3. Кіяєва, С. С., Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., Чижович, Р. А., & Кузьмінчук, Т. А. (2022). Дослідження кінетики фільтраційного сушіння пивної дробини. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний молодіжний конгрес, Львів, Україна*, 159. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
4. Chyzhovych, R. A., Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Kiiiaieva, S. S., Zherebetskyi, R., & Kovalchuk, A. (2022). Research of the solid fuel briquettes obtaining from alcohol distillery stillage. *The Monograph of the 10th European Young Engineers Conference*, 83. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
5. Kiiiaieva, S. S., Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Kuzminchuk, T. A., & Kovalchuk, A. (2022). Research into kinetic regularities the brewers grains filtration drying. *The Monograph of the 10th European Young Engineers Conference*, Warsaw, Poland, 83. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*

6. Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., Чижович, Р. А., Кіяєва, С. С., Дулеба, В. П., & Ковальчук, А. (2022). Фільтраційне сушіння пивної дробини. *XI Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості»: матеріали конференції*, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 161. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
7. Іващук, О. С. (2022). Альтернативне тверде паливо з відходів харчової промисловості. *Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, Дніпро, 123–124.
8. Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., Чижович, Р. А., Манастирська, В. А., & Собечко, І. Б. (2022). Дослідження одержання альтернативного твердого палива із відходів харчової промисловості. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VII Міжнародний конгрес*, 73. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
9. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Hnativ, Z. Ya., & Kiiiaieva, S. S. (2022). Filtration drying of food industry waste. *Advanced polymer materials and technologies: recent trends and current priorities: multi-authored monograph / edited by V. Levytskyi, V. Plavan, V. Skorokhoda, V. Khomenko*, 85–86. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
10. Ivashchuk, O. S., Chyzhovych, R. A., & Atamanyuk, V. M. (2023). CFD-Modeling of Thermal Agent Flow Through a Layer of Barley Brewer's Spent Grain. *2023 4th International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering». Proceedings*, 31–37. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, комп'ютерне моделювання та графіка.*
11. Chyzhovych, R. A., Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Hnativ, Z. Ya., Kiiiaieva, S. S., & Manastyrskaya, V. A. (2023). Filtration drying of secondary raw materials of organic origin. *The Monograph of the 11th European Young Engineers Conference*, 66. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
12. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Manastyrskaya, V., Chyzhovych, R. A., Sobechko, I., & Moravskiy, V. (2023). Research of solid fuel briquettes obtaining from brewer's spent grain and coffee waste. *The Monograph of the 11th European Young Engineers Conference*, 67. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*

13. Іващук, О., Атаманюк, В., Чижович, Р., & Барабах, С. (2024). Оцінка ефективності використання фільтраційного сушіння для осушення біомаси. Сталий розвиток – стан та перспективи. *IV міжнародний науковий симпозіум в рамках Еразмус+ Модуль Жан Моне «Концепція екосистемних послуг: Європейський досвід» («EE4CES»)*, Україна, Львів – Славське, 98–100. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
14. Chyzhovych, R. A., Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Barabakh, S., & Manastyrskaya, V. (2024). Hydrodynamics of barley brewer's spent grain filtration drying. *The Monograph of the 12th European Young Engineers Conference*, 105. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*
15. Чижович, Р., Іващук, О., Атаманюк, В., & Барабах, С. (2024). Розрахунок оптимальних параметрів фільтраційного сушіння післяспиртової барди. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. IX Міжнародний молодіжний конгрес*, Львів, 236. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, опис та математична обробка результатів*
16. Іващук, О., Атаманюк, В., & Чижович, Р. (2024). Дослідження гідродинаміки фільтраційного сушіння бурякового жому. *Матеріали та технології в інженерії (МТІ-2024): інженерія, матеріали, технології, транспорт: збірник наукових доповідей міжнародної конференції*, Луцьк, 120–121. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.*
17. Іващук, О. С., Атаманюк, В. М., Чижович, Р. А., Барабах, С., Кіяєва, С. С., & Гнатів, З. Я. (2024). Кінетичні закономірності фільтраційного сушіння відходів виробництва кави. *XII Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості»: матеріали конференції.*, Львів, 136–137. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів, побудова графічних залежностей.*
18. Ivashchuk, O. S., Atamanyuk, V. M., Chyzhovych, R. A., Manastyrskaya, V., & Sobechko, I. (2024). Beet pulp as a raw material for the alternative solid fuel. *Збірник тез доповідей XX Міжнародної наукової конференції «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв»*, Одеса, 34–35. *Особистий внесок – постановка і виконання експериментальних досліджень, обробка і опис результатів.*

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо

Основні положення дисертації та її результати були оприлюднені та обговорені на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних

конференціях, зокрема: Міжнародній конференції «Chemical Technology and Engineering» (м. Львів, 21-24 червня 2021 р., 26-29 червня 2023 р.), XII Міжнародній онлайн-конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики» (м. Київ, онлайн, 26-27 жовтня 2021 р.), Міжнародному молодіжному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 10-11 лютого 2022 р., 28-29 березня 2024 р.), Європейській конференції молодих інженерів (м. Варшава, Польща, 4-6 квітня 2022 р., 17-19 квітня 2023 р., 15-17 квітня 2024 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості» (м. Львів, 16-20 травня 2022 р., 20–24 травня 2024 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях» (м. Дніпро, 23-24 червня 2022 р.), VII Міжнародному конгресі «Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 12-14 жовтня 2022 р.), 4-тій Міжнародній конференції «Advanced polymer materials and technologies» (м. Львів, 11-12 жовтня 2022 р.), IV Міжнародному науковому симпозіумі «Сталий розвиток – стан та перспективи» (м. Львів – с. Славсько, 13–16 лютого 2024 р.), 2-ій Міжнародній конференції «Матеріали та технології в інженерії» (м. Луцьк, 14-16 травня 2024 р.), XX Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв» (м. Одеса, 9–13 вересня 2024 р.).

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати

Основні положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» підготовки студентів зі спеціальностей 161 *Хімічні технології та інженерія*, 181 *Харчові технології* у лекційному курсі та лабораторному практикумі навчальних дисциплін «Процеси та апарати хімічної технології», «Процеси та апарати харчових виробництв», «Моделювання гідромеханічних процесів», а також під час курсового та дипломного проектування, що підтверджено відповідним актом.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані:

- отримані за результатами експериментальних досліджень критеріальні залежності гідродинаміки руху теплового агенту крізь шар вторинної сировини рослинного походження під час процесу фільтраційного сушіння та модифіковане рівняння Ергана дають змогу прогнозувати гідравлічний

опір шару та енергетичні витрати на створення перепаду тиску для кожного дослідженого матеріалу;

- отримані за результатами експериментальних досліджень кінетики процесу фільтраційного сушіння вторинної сировини рослинного походження математичні залежності дають змогу прогнозувати зміну вологовмісту у часі для кожного дослідженого матеріалу та тривалість процесу фільтраційного сушіння;
- отримані за результатами експериментальних досліджень дані про основні теплотворні характеристики альтернативного твердого палива з вторинної сировини рослинного походження дають змогу рекомендувати його практичне використання;
- розроблені алгоритми розрахунку питомих енергетичних витрат процесу фільтраційного сушіння дають змогу визначати технологічно доцільні параметри процесу та економічну ефективність для осушення вторинної сировини рослинного походження фільтраційним методом;
- на основі узагальнення теоретичних досліджень та експериментальних даних запропоновано апаратне оформлення технологічного процесу фільтраційного сушіння вторинної сировини рослинного походження для промислового використання;
- практична реалізація одержаних результатів полягає у передачі результатів досліджень ТОВ «Вузлівський спиртовий завод» (с. Вузлове, Львівська обл.), ТзОВ «Пивоварня «КУМПЕЛЬ» (м. Львів), СП «Галка ЛТД» (м. Львів), ТОВ «Вітагро Біо-Трейд» (с. Нагірянкa, Тернопільська обл.) для впровадження у виробництво, що підтверджено відповідними актами.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Дисертаційна робота Іващука Олександра Сергійовича складається з вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел літератури та додатків.

Мова та стиль викладення є на належному науковому рівні, за структурою та оформленням дисертація повністю відповідає вимогам МОН України (наказ № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України № 759 від 31.05.2019 р.).

11. У докторській дисертації «Наукові основи тепломасообмінних процесів під час виробництва альтернативного твердого палива з вторинної сировини рослинного походження» матеріали кандидатської дисертації «Окиснення циклогексану в присутності поверхнево-активних речовин» Іващука Олександра Сергійовича не використовувались.

12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту

Дисертація за сутністю наукової проблеми, завдань та отриманими результатами повністю відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 *Процеси та*

обладнання хімічної технології (Перелік наукових спеціальностей, затверджений наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року № 1057) та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, пп. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою КМУ № 1197 від 17.11.2021 р.

У ході обговорення дисертаційної роботи до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

13.3 урахуванням зазначеного, ухвалили:

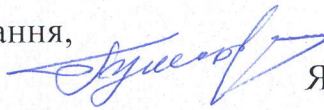
- 13.1. Дисертація Іващука О.С. «Наукові основи тепломасообмінних процесів під час виробництва альтернативного твердого палива з вторинної сировини рослинного походження» є завершеною, виконаною самостійно кваліфікаційною науковою працею, у якій розв'язано важливу науково-технічну проблему, що має значний вплив на різні сфери хімічної промисловості та енергетичного сектору України.
- 13.2. Основні наукові положення, розрахунки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.
- 13.3. У 45 наукових працях повністю відображені основні результати дисертації, з них 4 розділи колективних монографій; 12 статей у наукових фахових виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science; 4 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та Web of Science; 6 статей у наукових фахових виданнях України; 1 патент на винахід, 18 тез доповідей та матеріалів конференцій.
- 13.4. Дисертація підготовлена за спеціальністю 161 *Хімічні технології та інженерія*, відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 *Процеси та обладнання хімічної технології* (Перелік наукових спеціальностей, затверджений наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року № 1057) та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, пп. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою КМУ № 1197 від 17.11.2021 р.
- 13.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності.

Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

13.6.3 урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Іващука Олександра Сергійовича дисертаційна робота «Наукові основи тепломасообмінних процесів під час виробництва альтернативного твердого палива з вторинної сировини рослинного походження» рекомендується для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду.

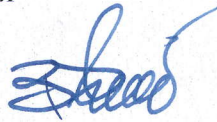
Рецензенти:

Професор кафедри екології та
збалансованого природокористування,
д.т.н., професор



Ярослав ГУМНИЦЬКИЙ

Завідувач кафедри теплогазопостачання
і вентиляції,
д.т.н., професор



Василь ЖЕЛИХ

Завідувач кафедри цивільної безпеки,
д.т.н., професор



Олег НАГУРСЬКИЙ

23 грудня 2024 р.