

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мирончук Анни Олегівни

на тему «**Інтенсифікація масообміну живильних середовищ шляхом
гідродинамічного оброблення**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14–Електрична інженерія

за спеціальністю 144–Теплоенергетика

Актуальність теми дисертації.

Сучасне агропромислове виробництво характеризується зростаючою потребою у впровадженні високоефективних, енергоощадних та екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур. У контексті глобального збільшення чисельності населення, дефіциту природних ресурсів і посилення кліматичних викликів особливої значущості набувають інноваційні підходи до інтенсифікації землеробства, зокрема технології безґрунтового вирощування рослин. Одним із найперспективніших напрямів у цьому аспекті є гідропоніка, що забезпечує контрольованість умов живлення, стабільність урожайності, скорочення витрат води та можливість створення замкнених біотехнологічних систем.

Актуальність дисертаційного дослідження Мирончук А.О. зумовлена необхідністю підвищення ефективності та екологічної безпеки процесів приготування і підтримання якості живильних розчинів, які є ключовим елементом функціонування гідропонних систем. У сучасних умовах обмеженості енергетичних та водних ресурсів, а також зростання антропогенного навантаження на агроєкосистеми особливої уваги потребують методи, що забезпечують стабільність хімічного складу, однорідність і мікробіологічну безпечність живильних середовищ. Традиційні підходи часто не гарантують необхідного рівня гомогенності та санітарної стійкості розчинів, що безпосередньо впливає на біопродуктивність рослин і тривалість ефективного функціонування систем.

У цьому контексті застосування методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), як інструменту керування гідродинамічними та масообмінними процесами в живильних середовищах є науково обґрунтованим і перспективним напрямом підвищення якості гідропонного виробництва. Такий підхід забезпечує покращення структурних та фізико-хімічних характеристик живильного розчину, сприяє інтенсифікації масообміну й запобігає розвитку небажаної мікрофлори без істотного збільшення енергоспоживання. Таким чином, дослідження Мирончук А.О. має високу наукову та прикладну значущість, сприяє вдосконаленню сучасних енергоефективних технологій у

галузі аграрного виробництва та відповідає тенденціям сталого розвитку сільського господарства України.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

У роботі чітко визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, які логічно взаємопов'язані та послідовно реалізуються протягом усього дослідження. Автор застосовує комплексну методологію, що поєднує експериментальні, теоретичні та аналітичні підходи, а також математичне моделювання процесів у системах оброблення живильних розчинів. Результати підтверджено серією експериментів із використанням сучасного лабораторного обладнання та адекватною статистичною обробкою даних, що свідчить про високу точність і відтворюваність отриманих результатів. Достовірність результатів підтверджуються узгодженістю експериментальних даних із математичним моделюванням гідродинаміки, а також результатами апробації у виробничих умовах. Таким чином, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, а здобувачка повною мірою оволоділа методологією наукової діяльності.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) встановлено основні гідродинамічні фактори, а саме: швидкість зсуву потоку, напруження зсуву потоку, час оброблення, що впливають на зміну мікробіологічних показників гідропонних середовищ.
- 2) теоретично доведено та експериментально підтверджено, що під час гідродинамічного оброблення при напруженнях зсуву 185-190 Па досягається зниження чисельності мікроорганізмів у 2,5–3 рази.
- 3) теоретично доведено та експериментально підтверджено, що під час гідродинамічного оброблення при швидкостях зсуву потоку $3,55\text{--}3,8 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$ відбувається зміна фізико-хімічних параметрів гідропонних розчинів.
- 4) встановлено, що оброблення гідропонних розчинів із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії призводить до зниження розчиненого кисню на 60%, що впливає на зміну мікробіологічних показників.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розроблено енергоощадну технологію отримання живильних середовищ, яка дозволяє скоротити споживання енергії на 20% порівняно з традиційною;

- розроблена технологія дозволяє скоротити використання сировинних ресурсів на 55-65 % (за рахунок зменшення потреби у додаткових реагентах та економії води до 90 %);
- за результатами фітотестування встановлено підвищення продуктивності рослин на 20–30 % (для сільськогосподарських культур);
- дослідження були проведені у виробничих умовах, що підтверджено актами випробувань на підприємстві ТОВ АГРОСВІТ-ЖИТОМИР.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Мирончук Анни Олегівни повністю відповідає стандартам вищої освіти за спеціальністю 144 – Теплоенергетика та напрямам досліджень у галузі знань 14 – Електрична інженерія.

Робота є завершеною науковою працею, яка свідчить про значний особистий внесок здобувачки у розвиток наукового напрямку теплоенергетики, зокрема у вдосконаленні технологій підготовки та стабілізації живильних середовищ для гідропонних систем із використанням інноваційних методів гідродинамічного оброблення.

Перевірка дисертаційної роботи на текстові збіги дозволяє стверджувати, що вона є результатом самостійних досліджень здобувачки та не містить ознак фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату чи неправомірних запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів належним чином процитовані з посиланнями на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням вимог наукового стилю. Використана термінологія сучасна, коректна та загальноприйнята, а викладення матеріалу є логічним, послідовним і структурованим.

Робота є завершеною науковою працею та містить актуальні наукові й практичні рішення. Дисертація викладена на 193 сторінках друкованого тексту, складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, наведено методи дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Подано інформацію про наукові публікації здобувачки та апробацію результатів на наукових конференціях, показано зв'язок роботи з науково-дослідними темами.

У першому розділі подано аналіз сучасних технологій формування живильних середовищ у гідропоніці, розглянуто фізико-хімічні властивості розчинів і чинники, що впливають на їх стабільність. Визначено недоліки традиційних методів, зокрема неоднорідність, утворення осадів і високу енергоємність процесів. Обґрунтовано доцільність застосування гідродинамічного впливу для інтенсифікації масообмінних процесів і підвищення ефективності використання ресурсів.

У другому розділі описано експериментальне обладнання та методику гідродинамічного оброблення середовищ із використанням методу дискретно-імпульсного введення енергії. Описано конструкцію експериментальної установки з роторно-пульсаційним апаратом, методику проведення дослідів і способи контролю параметрів середовища.

У третьому розділі запропоновано математичну модель процесів гідродинамічного оброблення, що описує вплив технологічних параметрів на властивості живильних розчинів. Модель базується на рівняннях Нав'є–Стокса та Брінкмана–Дарсі–Форхаймера, адаптованих до неоднорідних середовищ. Модель враховує вплив структурних змін середовища під дією імпульсних навантажень, зокрема коливань густини, в'язкості та швидкості потоку. Математична модель може використовуватися для прогнозування параметрів живильних середовищ у виробничих умовах і для оптимізації режимів їх підготовки.

У четвертому розділі досліджено вплив методу ДІВЕ на компонентний склад і мікробіологічні показники живильних середовищ. Встановлено зниження кількості небажаних мікроорганізмів та збільшення частки корисної мікрофлори, стабілізацію рН і поліпшення гомогенності розчинів. Показано вплив гідродинамічних факторів на структуру мікробіоценозу, а також підтверджено можливість контролю мікробного навантаження без застосування додаткових хімічних реагентів. Це дало змогу запропонувати обґрунтовані рекомендації щодо зберігання та використання живильних розчинів у промислових умовах.

П'ятий розділ присвячено практичній реалізації отриманих результатів. Розроблено технологію промислової підготовки гідропонних середовищ і поливної води із використанням методу ДІВЕ та запропоновано схему інтеграції у виробничі системи. Проведене техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність застосування гідродинамічного оброблення. Було показано, що його використання є економічно вигідним та дозволяє підвищити біологічну продуктивність культур на 20–30 % у виробничих умовах, що підтверджується актами впровадження та результатами виробничих випробувань.

Дисертація оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні наукові результати дисертації відображено у чотирьох наукових публікаціях здобувачки. Статті надруковано у фахових виданнях України – «Ukrainian Journal of Food Science», «Інтегровані технології та енергозбереження» та «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського». Також, результати дослідження висвітлено у розділі колективної монографії міжнародного видавництва *Springer* у серії *Studies in Systems, Decision and Control*, яка також індексується у базі даних Scopus. Отримані наукові результати пройшли апробацію на численних міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, що підтверджує їх актуальність і наукову цінність.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

При загальній позитивній оцінці одержаних в роботі результатів і зроблених здобувачкою висновків, вважаю за потрібне зробити наступні зауваження:

1. Назва розділу 2 не зовсім відповідає змісту його наповненню, на мою думку, більш вдалим було б його назвати «РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ».
2. На сторінці 69 (Рис. 2.1) наводиться спрощена схема експериментальної установки, основним апаратом якої є роторно-пульсаційний апарат, технічні характеристики робочих органів якого наведені для трьох варіацій статорів і чотирьох варіацій роторів в Таблиці 2.1, однак, в дисертації відсутня геометрична схема чи 3D зображення системи статор-ротор, що ускладнює розуміння їх конструкції.
3. Розділ 3 присвячений математичному моделюванню, однак, рівняння і математичні залежності не мають нумерації і відповідних посилань в описовій частині, що ускладнює сприйняття і розуміння моделі в цілому.
4. На сторінці 94 наводиться рівняння для визначення проникності пористих середовищ, однак, з тексту дисертації залишається не в повній мірі зрозумілим яким чином воно було отримано і що дає можливість оцінити.
5. Також на сторінці 94, після Таблиці 3.1. в якій вказуються розрахункові значення проникності, авторкою зазначається наступне: «За результатами розрахунку було підтверджено турбулентний режим руху потоку рідини крізь пористе середовище.», однак, не наводяться розрахункові значення критерію Рейнольдса, за яким можливо було б оцінити режим руху рідини крізь пористе середовище.
6. На сторінках 95-96 (Рис. 3.1, Рис. 3.2), наведені залежності швидкості зсуву потоку від міжциліндрового зазору, однак, в тексті не зазначається

для якого значення коефіцієнту динамічної в'язкості рідини проводився аналіз. Це важливо для оцінки і можливості відтворення, оскільки значення величин напружень зсуву корелюють із швидкістю зсуву потоку саме через коефіцієнт динамічної в'язкості.

7. На сторінці 101 (Рис.3.4, Рис. 3.5) наводиться результати моделювання руху живильного середовища через інертний носій гідропонної системи, а саме градієнти тисків і швидкостей, однак, в тексті не наводяться геометричні умови простору в якому рухається потік рідини, не роз'яснені граничні умови та не зазначається з використанням якої САПР було виконано комп'ютерне моделювання.
8. З тексту дисертації, залишається не до кінця розкритою мета запропонованої авторкою математичної моделі, варто було б додати пункт, що стосується обговорення результатів моделювання.
9. Потребує уточнення механізм впливу ДІВЕ на біологічну активність розчинів. Хоча експериментально показано зменшення мікробного навантаження, проте не розкрито на рівні механізмів, які саме фізико-хімічні фактори (кавітація, турбулізація, високий рівень напружень зсуву, локальне нагрівання, тощо) зумовлюють цей ефект. Доцільно було б доповнити розділ обговоренням і теоретичним поясненням явища.
10. На сторінці 138 (Рис. 4.11, а, б) наведені залежності, що демонструють зміну рівня розчиненого кисню у модельних гідропонних середовищах при різному часі гідродинамічного оброблення. З наведених графіків можна встановити, що в загальному концентрація розчиненого кисню знижується із часом обробки і мінімальне значення концентрації розчиненого кисню досягається при тривалості обробки від 200 до 250 секунд. Авторкою пояснюється це явище активним перебігом турбулентних процесів та частковим витісненням розчиненого кисню внаслідок кавітації та газообміну з атмосферою. Проте, цікавим є те, що згідно із графічними залежностями при продовженні обробки середовищ від 250 до 300 секунд кількість розчиненого кисню починає незначно зростати, однак, в тексті дисертації про це не зазначається, варто було б дати пояснення цьому явищу.
11. В дисертаційній роботі подекуди зустрічаються орфографічні помилки та незначні неточності.

В цілому, висловлені зауваження носять рекомендаційний характер, не є визначальними та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

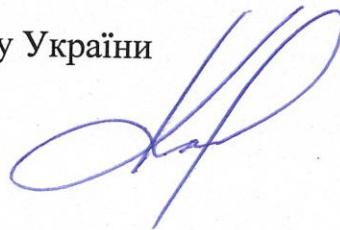
Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Мирончук Анни Олегівни на тему «Інтенсифікація масообміну в живильних середовищах шляхом гідродинамічного оброблення» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. Сукупність отриманих теоретичних і практичних результатів вирішує важливе наукове завдання, що має істотне значення для розвитку теплоенергетики та технологій інтенсифікації масообмінних процесів.

Дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, визначеним у пунктах 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувачка Мирончук Анна Олегівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехніки та інженерії,
Факультету біотехнології і біотехніки,
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



Сергій КОСТИК



«10» жовтня 2025 року

