

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук, доцента **Дубковецького Ігоря Володимировича**

на дисертацію **Зозуляк Оксани Володимирівни** на тему:

**«Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів
вібровідцентрового електроосмотичного зневоложення високоволової**

сировини переробних і харчових виробництв»,

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 181 «Харчові технології»

Актуальність теми зумовлена сучасною тенденцією впровадження інноваційних ресурсо- і енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій у харчовій промисловості, серед яких можна виділити одну з типових енергоємних технологічних операцій – зневоложення вологоємких дисперсних харчових матеріалів.

Важливість рішення сформульованої задачі обумовлена наступним.

Процес зневоложення є одним із найбільш складних та енергоємних процесів переробних і харчових виробництв, що значно підвищує собівартість продукції, тому набуває актуальності пошук інноваційних технологічних та конструктивних рішень при розробленні сушильних систем, зокрема, застосовуючи механічні та фізико-механічні способи обробки як засіб підвищення рушійної сили процесу зневоложення.

Окрім того, процеси зневоложення пов'язані із загальним завданням підвищення зберігання плодоовочевої та іншої сільськогосподарської продукції, для чого в останні десятиліття були створені численні технології сушіння різних продуктів (доведення їх до такої вологості, при якій вміст у них цукру починає грати роль консерванту).

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до Державної цільової програми «Розвиток українського села до 2015 р.» та пов'язана з тематичним планом НДДКР Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН на 2012–2016 рр. за темою «Інтенсифікація процесів харчових, фармацевтичних та мікробіологічних виробництв шляхом механічної та теплофізичної технологічної дії» (державний реєстраційний номер 0112U006704), держбюджетної науково-дослідної роботи «Розроблення промислових моделей та обґрунтування робочих режимів тепломасообмінного обладнання з вібраційним інтенсифікатором процесів сушіння та екстрагування» на 2016–2017 р.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані у дисертації та їх достовірність. Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертації, ґрунтуються на використанні достатнього інформаційного, дослідницького та експериментального матеріалу. Дисертаційні дослідження виконано на належному науковому рівні із застосуванням сучасних методів та статистичної обробки даних. Основним теоретичним підґрунтям дисертаційного дослідження є концептуальні підходи, наукові принципи та фундаментальні положення, сучасні напрацювання зарубіжних та українських науковців і практиків.

Структура дисертації О. В. Зозуляк загалом відповідає існуючим вимогам. На початку дисертації наведено анотацію та список публікацій здобувачки. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 240 сторінки, у тому числі 6 додатків на 38 сторінках. Обсяг основного тексту дисертації становить 201 сторінку, містить 91 рисунок, 15 таблиць. Список використаних джерел нараховує 164 найменувань.

Підтвердження повноти викладення основних результатів дисертації в наукових працях. За результатами наукових досліджень опубліковано 29 наукових праці, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 13 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, стаття у науковому виданні іншої держави, 3 патенти України на корисну модель, 10 тез наукових доповідей.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання роботи, визначено основні положення, які мають наукову новизну та практичну цінність.

У **першому розділі** розглянуто закономірності технологій зневоложення сировини харчових та інших переробних виробництв, проаналізовано фізико-механічні властивості бурякового жому та харчового насіння баштанних культур, проведено оцінку конструктивно-технологічних характеристик досліджуваних методів зневоложення.

Здійснено аналіз конструктивних схем зневоложувачів відцентрової дії, розглянуто техніку та технології для зневоложення бурякового жому, а також харчового насіння баштанних культур.

У **другому розділі** здобувачкою розглянуто методики вимірювання параметрів вібрації, визначення параметрів процесу зневоложення, визначення вологості насіння, визначення площі поверхні насінини та методику обробки узагальнення чисел подібності процесу тепломасообміну.

У **третьому розділі** здійснено теоретичні дослідження та встановлено закономірності руху виконавчого органу досліджуваної машини, представлено розрахункові схеми кінематичного та силового аналізу моделі вібровідцентрового електроосмотичного зневоложувача.

За допомогою рівнянь Лагранжа 2 роду було складено рівняння руху виконавчих органів машини з динамічним дебалансним віброзбуджувачем.

Використовуючи математичне середовище MathCAD, здобувачкою було складено графічні залежності для основних кінематичних характеристик даної коливальної системи, а саме, траєкторії руху виконавчих органів машини, амплітуду коливань, віброшвидкість, віброприскорення та інтенсивність вібрації.

Дані залежності дозволяють обґрунтувати діапазон стійкої роботи віброзбуджувача у зарезонансному режимі (при $\omega > 50$ рад/с), область різкого підвищення енерговитрат на привід (при $\omega > 100$ рад/с), обґрунтовуючи таким чином ефективні параметри робочого режиму досліджуваного механічного віброзбуджувача.

У **четвертому розділі** здобувачкою було представлено результати експериментальних досліджень процесу зневоложення високовологої сировини.

З метою визначення оптимальних параметрів процесу під дією електроосмотичного відтискування О. В. Зозуляк було проведено дослідження із застосуванням комплексу розроблених і виготовлених пристроїв. Порівняльні дослідження різних способів вологовидалення здійснювалися у три етапи.

Серед параметрів електроосмотичного відтискування вологи вимірювалися значення напруженості електричного поля, частота струму, шпаруватість імпульсів, що дозволило оптимізувати параметри процесу за даної технологічної дії.

Для визначення оптимальних параметрів роботи вібровідцентрового електроосмотичного зневоложувача здобувачкою було проведено дослідження впливу ступеня завантаження контейнера на кінетику зневоложення харчового насіння баштанних культур та пектиномісткої сировини.

Аналіз експериментальних даних за методом рототабельного центрально-композиційного планування багатofакторного експерименту дозволив отримати функціональні залежності параметрів якості досліджуваних процесів від основних критеріїв оптимізації: ступені швидкості вологовіддачі продукту від віброприскорення контейнера, коефіцієнта завантаження контейнера, температури нагріву зерна та часу технологічного впливу.

Якісні показники харчового насіння гарбуза О. В. Зозуляк досліджувала у лабораторії якості кормів і сировини Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН згідно з державними стандартами та виявила позитивні результати.

У **п'ятому розділі** здобувачкою представлено результати техніко-економічного аналізу вібровідцентрового електроосмотичного зневоложувача, а також методику оцінки конкурентоспроможності розробленої машини за узагальнюючими показниками, за результатами яких виявлено високий рейтинг розробленого обладнання та встановлено, що тижневий економічний ефект від застосування розробленого обладнання становить 3585,68 грн за терміну окупності капіталовкладень 0,4 роки.

Обґрунтовано режимні, конструкторські та технологічні параметри представленого у дисертації обладнання, розроблено схему адаптивного регулювання параметрів процесу зневоложення, які дозволили отримати необхідну документацію для виробничої реалізації вібровідцентрового електроосмотичного зневоложувача.

Висновки до дисертації у цілому є чіткими та лаконічними і відображають досягнення поставленої мети та вирішення поставлених завдань, містять результати науково-практичних досліджень, обґрунтувань та рекомендацій. Загалом, оцінюючи у цілому зміст дисертації О. В. Зозуляк, варто зазначити, що робота представлена логічно, з належним науково-прикладним обґрунтуванням кожного етапу дослідження. Надані розробки та результати мають необхідні пояснення й не викликають сумніву в їх обґрунтованості та достовірності.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертація О. В. Зозуляк добре спланована і продумана, а сформульовані теоретичні положення, наукові погляди, висновки та практичні рекомендації повною мірою відповідають усім вимогам, що ставляться до таких наукових досліджень. Завдяки професійному підходу здобувачки до написання дисертації, вони є належно обґрунтованими і містять достатню кількість елементів наукової новизни. Зозуляк О. В. опрацювала значну кількість українських і зарубіжних наукових праць за проблематикою дослідження (перелік використаної літератури у дисертації складається із 164 джерела).

Наукова новизна роботи та її значення зумовлено:

– розробленням математичної моделі динамічної поведінки виконавчих органів вібровідцентрового приводного механізму для оброблення вологонасичених сумішей;

– обробленням результатів проведеного авторкою комплексу експериментів, що дозволило:

а) отримати нове регресійне рівняння для математичного опису взаємозв'язку між основними конструктивно-технологічними та режимними параметрами процесу електроосмотичного та вібровідцентрового зневоложення вологого насіння за комбінованої вібромеханічної силової дії;

б) вивести критеріальну залежність процесу масообміну при зневоложенні дисперсних матеріалів, що враховує параметри.

Практичне значення отриманих результатів полягає у розробленні:

– раціональних режимів зневоложення харчового насіння баштанних культур та пектиномісткої сировини, їх реалізації при створенні відповідного обладнання з його подальшим впровадженням на ТОВ «Компанія «Технопром-Продукт» (м. Вінниця) із визначеним економічним ефектом за рахунок зменшення енерговитрат та часу зневоложення продукції;

– адаптивної схеми керування параметрами процесу видалення вільної вологи у вібровідцентровому електроосмотичному зневоложувачі з керованим синхронним дебалансним віброзбуджувачем;

– комплекту конструкторської документації для виготовлення вібровідцентрового електроосмотичного зневоложувача.

Загальні недоліки та зауваження до дисертації:

– *робота добре відредагована, але зустрічаються окремі редакційні огріхи, невдачі вирази і підписи до рисунків. Зокрема в назві невдалий вираз «ЗНЕВОЛОЖЕННЯ ВИСОКОВОЛОГОЇ СИРОВИНИ», на думку офіційного опонента, доцільно було б замінити на «ЗНЕВОДНЕННЯ СИРОВИНИ», чи «ДЕГІДРАТАЦІЇ ВОЛОГОЇ СИРОВИНИ».*

– *пункт 3.2.2 Досягнення історичних даних вчених, с. 110, не є досягненням здобувачки, хоча і є посилання, на думку офіційного опонента, доцільно перенести в розділ 1.*

– *пункт 3.3, с. 123, здобувачка наводить «На гідравлічний опір шару матеріалу впливає як зростання швидкості сушильного агента, так і збільшення діаметра капілярів із зменшенням вологості матеріалу. Як показали дослідження, другий фактор має домінуючий вплив на гідравлічний опір шару». Здобувачкою не розкрито тлумачення, як впливає діаметр капілярів на домінуючий вплив гідравлічного опору шарів сировини. Офіційний опонент вважає, що необхідно було записати «На зростання гідравлічного опору шару матеріалу впливає як зростання швидкості сушильного агента, так і зменшення діаметра капілярів...», згідно Кулінченко В. Р., Дубковецький І. В., Деменюк О. М. Гідравліка, гідравлічні машини та гідропневмопривід. К., НУХТ, 2011. 260 с. Гідравлічний опір прямопропорційний квадрату швидкості і обернено пропорційний діаметру капіляру (формула Дарсі-Вейсбаха $h_l = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}$).*

– *всі підрисункові надписи в роботі доцільно подавати жирним шрифтом і з одинарним інтервалом.*

– *теоретична цінність роботи була б значно вищою, якби були наведені (хоча б в додатках, чи на рисунках) апроксимаційні рівняння даних кінетики I і II періодів сушіння (рис. 4.5...4.20) розділу 4;*

– *практична цінність роботи була б значно вищою, якби здобувачка окрім експериментально-графічних досліджень (рис. 4.5...4.20) розділу 4 під графіками зробила висновки і аналіз за ними;*

– *на с. 131 останній абзац «Залежність динаміки руху потоку теплоносія при зневоложенні (рис. 4.17, 4.18) виявляє незначне зменшення часу обробки...», що має констатуючий характер, на думку офіційного опонента, доцільно подати процентне порівняння зменшення тривалості сушіння від швидкості конвективного потоку.*

– *в підрисункових написах (рис. 4.5...4.20) не вказано, що авторка позначила по осі У, зокрема на рис. 4.5...4.12, та в рис. 4.15...4.18, плутаються тлумачення вологості W і вологовмісту W^c сировини. Так під рис. 4.16, 4.18 вказується «Залежність вологості*

пектиномісткої сировини W , %...», а на графіку дані вологовмісту W^c , % (вологість менше 100 %, вологовміст 700...800 %).

Згідно с. 211 «Процеси і апарати харчових виробництв» (Розділ 11). За ред. проф. І. Ф. Малевича. К.: НУХТ, 2021. 419 с. Вологістю матеріалу W називають відношення маси вологи в матеріалі до маси всього вологого матеріалу. У теорії сушіння часто користуються не вологістю матеріалу, а вологовмістом W^c , %, що є відношенням маси вологи в матеріалі до маси абсолютно сухої речовини в ньому.

– в рисунках кінетики 4.5...4.20 різний стиль формулювання написів, згідно з підписковими написами (рис. 4.7...4.12). Назва напису «Вплив напруженості електричного поля...» не показує залежність напруженості від часу, чи вологовмісту. На думку офіційного опонента, **доцільно сформулювати як в рис. 4.15 і 4.16** – «Рис. 4.8 Залежність вологовмісту від часу зневоложення при різних напруженостях електричного поля».

Загальний висновок та оцінка дисертації. Дисертація Зозуляк Оксани Володимирівни на тему: «Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів віброцентрового електроосматичного зневоложення високовологої сировини переробних і харчових виробництв» є актуальним, ґрунтовним, послідовним, самостійним, завершеним дослідженням, яке містить елементи наукової новизни та є важливим для теорії і практики. Оформлення наукового дослідження здобувачки відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». За змістовим наповненням, теоретичною та практичною цінністю, фаховим спрямуванням дисертація Зозуляк Оксани Володимирівни відповідає вимогам 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 № 44 від 12 січня 2022 року, та спеціальності 181 «Харчові технології».

На підставі зазначеного вище, вважаю, що авторка дисертації Зозуляк Оксана Володимирівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» галузі знань 12 «Виробництво та технології».

Офіційний опонент доцент кафедри процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій, кандидат технічних наук, доцент Ігор ДУБКОВЕЦЬКИЙ