

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ГОНЧАРУК Ганна Анатоліївна

УДК [664.726.4:631.362.6]:005.62

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗЕРНА
В КОМБІНОВАНИХ МИЙНИХ МАШИНАХ**

Спеціальність 05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Одеса - 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій

Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Остапчук Микола Васильович, Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технології зберігання зерна, професор кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гладушняк Олександр Карпович, Одеська національна академія харчових технологій,
кафедра технологічного обладнання харчових
виробництв, завідувач кафедри

кандидат технічних наук,
Бабич Михайло Борисович,
НВО "АГРО-СІМО-МАШБУД" (м. Одеса),
генеральний директор

Провідна установа: Національний університет харчових технологій,
кафедра технологічного обладнання харчових виробництв,
Міністерство освіти і науки України, м. Київ

Захист відбудеться *"18" травня 2007 р.* о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 при Одеській національній академії харчових технологій, за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій, за адресою: вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039.

Автореферат розіслано *"17" квітня 2007 р.*

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
д.т.н., професор

К.Г. Іоргачова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Головним напрямком розвитку галузі переробки зерна є підвищення якості готової продукції та розширення її асортименту при мінімальних витратах енергії. Ця проблема є характерною для борошномельного виробництва і вирішується шляхом подальшого удосконалення технологій та технічного оснащення для підготовки та переробки зерна. Досвід експлуатації млинів свідчить про можливість радикального підвищення якості борошна за рахунок докорінного покращення методів підготовки зерна до помелу.

Поряд з методами очищення зернової маси від домішок, водно-теплова обробка є дуже важливою складовою його підготовки до переробки. Серед усіх методів водно-теплової обробки зерна найбільше розповсюдження набув метод холодного кондиціонування, як найбільш простий, при якому зерно зволожується в мийних машинах або в різних зволожуючих апаратах. Миття зерна в мийних машинах дає змогу не тільки його зволожити, а й вилучити з його поверхні пил та мікроорганізми, а також легкі та важкі домішки, що значно покращує якість виробленої готової продукції із зерна.

Однак, майже на всіх підприємствах виробники відмовилися від мийних машин внаслідок непродуктивних витрат води та електроенергії, складних санітарно-технічних вимог до умов їх обслуговування і невизначеності режимів їх експлуатації. Широкий діапазон зміни фізичних та гідродинамічних властивостей сукупності найбільш імовірних домішок та зерна обумовлює неможливість безальтернативного вибору режимів миття, очищення та зволоження зерна при підготовці до переробки.

Але значна різноманітність за будовою, робочими органами та їх режимами ускладнює завдання налагодження та можливості експлуатації мийних машин при найбільш ефективних режимах.

Наведений аналіз стану проблеми підвищення виходу та якості борошна при мінімальних витратах енергії свідчить про необхідність проведення наукових досліджень, спрямованих на визначення конструктивних параметрів та режимів експлуатації мийних машин, що забезпечать високу якість миття зерна та зниження затрат енергії, тобто є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі процесів та апаратів Одеської національної академії харчових технологій у рамках держбюджетної тематики науково-дослідних робіт (“Розробка наукових принципів прогнозування якості зерна і зернових продуктів при зберіганні та переробці” №0103U003434).

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – підвищення якості готової продукції на борошномельних заводах за рахунок удосконалення режимів обробки зерна в мийних машинах.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- визначення умов ефективного проникнення води між поверхнею зерна і забрудненнями;
- дослідження умов взаємодії частинок забруднень з поверхнею зернин та характеристик зернової суміші, які забезпечують найкращі умови відокремлення частинок забруднень у процесі миття зерна;
- визначення сил, що діють на зернину в процесі миття, а також швидкості і прискорення зернин;
- визначення ефективності миття зерна при різних питомих витратах води та її складу;
- обґрунтування впливу швидкості обтікання поверхні зерна водою на якість миття;
- обґрунтування режимів обробки зерна водою в залежності від запропонованих рекомендацій;
- виробнича перевірка рекомендованих режимів миття на мукомельних заводах.

Об'єкт дослідження – процес обробки зерна пшениці в мийній машині.

Предмет дослідження – зерно пшениці, фізико-хімічні властивості води.

Методи дослідження – аналітичні та експериментальні методи визначення швидкості, тиску, витрат енергії на миття зерна та якості зерна після миття.

Наукова новизна одержаних результатів. Теоретичними та експериментальними дослідженнями і виробничими випробуваннями встановлено і практично підтверджено таке:

- вперше створено фізичну модель процесу миття зерна водою з урахуванням впливу

поверхневого натягу і в'язкості води на міцність зв'язків часток забруднень з поверхнею зернівок;
– розширено склад впливових факторів, які визначають якість миття сумішей та розділення їх на очищене зерно та домішки;
– обґрунтовано подальший розвиток і підтверджено гіпотезу про перпендикулярність осі ротора швидкостей зернівок до нормалі поверхні лопаті шнека;
– розроблено математичну модель процесу миття зерна та проведено її дослідження з метою оптимізації геометричних та кінематичних параметрів мийних машин;
– вперше встановлено критична границя шпаруватості, як припустима межа технологічної доцільності та можливості процесу миття зерна;
– уточнена методика обґрунтування оптимальної частоти обертання робочих органів та мінімізації витрат енергії на миття зерна.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі одержаних у роботі результатів внесено пропозиції до зміни параметрів обробки зерна в мийних машинах. Отримано нові режимні параметри: швидкість робочих органів мийної машини 80 об/хв., співвідношення води і зерна 0,5 м³/т при граничному значенні шпаруватості зернової суміші, які забезпечують нормативну якість зерна після його обробки при знижених питомих витратах води і обґрунтованих витратах енергії та параметрів і режимів роботи мийних машин, які дозволяють реалізувати запропоновані режими миття в умовах млинів.

Запропоновані режими рекомендовано до впровадження на підприємствах: Каланчакський комбінат хлібопродуктів (Херсонська обл., Каланчакський р-н, СМТ Мирне), Гайсинський комбінат хлібопродуктів (Вінницька обл., м. Гайсин), Сімферопольський комбінат хлібопродуктів (м. Сімферополь).

Особистий внесок здобувача полягає у розробці методик дослідів, проведенні теоретичних і експериментальних досліджень, обробці та аналізі результатів з обробки зерна в мийних машинах. Розроблено методики математичної обробки отриманих результатів. Сформульовані основні положення та висновки. Всі наукові дослідження, їх теоретичне пояснення та обґрунтування, представлені в дисертаційній роботі, виконані дисертантом особисто.

Апробація результатів досліджень. Основні положення і результати досліджень дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на щорічних науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу і науковців ОНАХТ (1997 – 2006 рр.), а також на наукових конференціях "Проблеми та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів – 1997", "Хлібопродукти" (м. Одеса, 2000, 2002 рр.), міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми наукового забезпечення виробництва, післязбиральної обробки, зберігання і переробки зерна і других продуктів рослинництва" (Казахстан м. Астана, 2001 р.), на XI Міжнародній науковій конференції "Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв" (м. Одеса, 2006р.).

Публікації. Матеріали дисертації, одержані результати та рекомендації по їх використанню повністю відображені в 16-и друкованих працях у наукових, науково-виробничих журналах, збірниках наукових праць, в тому числі 11 публікацій у фахових виданнях і тези 1 доповіді на міжнародній науковій конференції.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, що включає 130 найменувань і додатків (10 сторінок). Роботу викладено на 145 сторінках, включаючи 29 рисунків (11 сторінок), 13 таблиць (6 сторінок).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі викладено загальну характеристику роботи – актуальність теми, зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і завдання досліджень, наукову новизну, практичне значення та особистий внесок автора, представлена апробація дисертаційної роботи та її

структура, подана кількість публікацій.

У першому розділі наведено основні характеристики процесів миття зерна та підтверджено, що водна обробка зерна є важливою технологічною операцією, яка призначена для очищення поверхні зернин від частинок забруднень, вилучення відокремлених із маси зерна забруднень. Показано також, що миття зерна сприяє поліпшенню якості і збільшенню виходу готової продукції, а також знезараження зерна.

Для миття зерна використовують в основному горизонтальні шнекові мийні машини з віджимною колонкою. Ефективність миття зерна визначають за зниженням зольності і приростом вологи в зерні. На ці показники впливають витрати та властивості зерна і води, швидкість обертання робочих органів. Основне гідросепарування здійснюється в сплавній камері, а часткове зневоднення – в центрифугальній колонці.

Встановлено, що суміш „зерно-вода” характеризується такими показниками як шпаруватість ε , живий перетин суміші ψ , число контактів (координаційне число) зерен N_k ,

крученість (звивина) шпар $\frac{l_0}{l}$, коефіцієнт форми ϕ , коефіцієнт укладання K , гідравлічний радіус шпар r_s , відстань між сусідніми зернинами \bar{S} , тощо. Наведено математичні співвідношення між цими характеристиками, що дозволяє визначити всі характеристики за допомогою тих, які передбачені стандартами (натура, геометричні розміри, маса 1000 зерен, густина). Показано, що всі характеристики зерна мають імовірнісний характер.

Встановлено, що граничне значення коефіцієнта шпаруватості визначається гранулометричним складом зерен і завжди більше 0,3, що відповідає відношенню об'єму води до об'єму зерен як 1:2. Сумісне ефективне тертя між зернинами може відбуватись при $\varepsilon > 0,3$.

Значний вплив на процес миття мають також в'язкість і поверхневий натяг води, які залежать від температури, жорсткості, наявності поверхнево активних речовин, тощо. Зі збільшенням температури води її в'язкість і поверхневий натяг зменшуються. Число Рейнольдса за цих умов збільшується, що повинно сприяти проникненню вологи в зернівку і відриванню частинок забруднень від поверхні зернин. Це ж саме відбувається при зменшенні жорсткості води та додаванні поверхнево активних речовин.

Викладене дозволило визначити напрямки удосконалення режимів миття зерна – підвищенням температури води, зменшенням жорсткості та швидкості обтічної течії води, яка узагальнюється співвідношенням чисел Ейлера і Рейнольдса, та зміною поверхні контакту фаз.

У другому розділі викладено теоретичні основи процесу миття зерна водою, аналітично визначено швидкості обтікання зерна водою, вплив поля швидкостей на якість миття зерна, сорбційну взаємодію зерна з водою, швидкості і прискорення зернин у мийній машині, сили, які діють на зернину при митті зерна. Показано, що в процесі миття взаємодія зернин з рухомою течією води має складний характер. Опір рідини при переміщенні зернин визначається силами в'язкісного тертя і тиску, які залежать від форми, геометричних розмірів зернин і характеристик зернової маси, режимів руху рідини, швидкості обертання робочих органів, тощо.

Показано, що переміщення середовища „зерно-вода” гвинтовими робочими органами в узагальненому вигляді можна описати рівняннями Нав'є-Стокса і нерозривності в циліндричній системі координат. В спрощеному вигляді для стаціонарної течії ці рівняння можна записати так:

$$\left(\vec{u}, \vec{\nabla} \right) \vec{u} = \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \frac{\mu}{\rho} \vec{\nabla}^2 \vec{u} + \vec{g}, \quad (1)$$

де \vec{u} – вектор швидкості в даній точці течії; ρ – густина рідини, кг/м³; μ – її динамічна в'язкість, кг/м²; p – тиск в даній точці, Па; \vec{g} – прискорення земного тяжіння, м/с².

Це рівняння показує рівність сил інерції (ліва частина) сумі всіх діючих сил – перепад тиску, сили внутрішнього тертя, сили стиснення, тощо. Рівняння нерозривності для малих

швидкостей має вигляд $\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0$, а граничні умови при відсутності ковзання $\vec{u} \rightarrow 0$.

У зв'язку зі складнощами розв'язання цієї системи рівнянь запропоновано робочу гіпотезу, що миттєва вісь обертання зернини при торканні лопаті шнека розташована в дотичній площині до його поверхні. Це дозволило визначити, що ротор поля швидкостей зернини перпендикулярний до нормалі поверхні лопаті шнека, а вісь ротора лежить у площині зсуву поверхні зернівки.

За цих умов можна стверджувати, що скалярний добуток ротора на нормаль до поверхні поля швидкостей дорівнює нулю. Це дозволило визначити швидкості обтікання зернин водою по осям координат та безпосередньо визначити вплив швидкості обтікання зернин водою, в'язкості рідини та геометричних розмірів робочого простору на процес миття зерна.

При переміщенні зернини шнеками на неї діють: сила тяжіння mg , сила тертя по гвинтовій поверхні $f_1 mg$, яка зволікає зернину до обертання, сила тиску суміжних частинок (зернин) – $\kappa_1 f_1 mg$, відцентрова сила $m\omega^2 R$, яка притискує частинку до кожуха мийної ванни, сила тертя по поверхні кожуха $f_2 m\omega^2 R$, яка гальмує обертання частинок разом з гвинтом, а також сила внутрішнього тертя частинок. Зведена дія цих сил призводить до проковзування зернин по гвинтовій поверхні та до осьового переміщення в тому разі, коли кутова швидкість частинки $\omega_{\text{ч}}$ менша за кутову швидкість шнека $\omega_{\text{ш}}$, тобто $\omega_{\text{ч}} < \omega_{\text{ш}}$.

Кутова швидкість зернин визначається за формулами для зовнішніх точок шнека А (рис.1), за умови, що коефіцієнти тертя відомі ($f_1=f_2=0,5$)

$$\omega_{AM} = \sqrt{\frac{2g}{Df_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81}{0,155 \cdot 0,5}} = \sqrt{281} = 16,1 \text{ c}^{-1} \quad \text{або} \quad n_{AM} = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60 \cdot 16,1}{2 \cdot 3,14} = 153 \text{ об/хв.} \quad (2)$$

Як виходить із розрахунків, кутова швидкість зернин менше, ніж кутова швидкість твірної гвинтової поверхні шнека, тобто $\omega_{A3} = 16,1 < \omega_A = 16,7$ при $n = 160$ об/хв та $\omega_{A3} = 16,1 < \omega_A = 31,3$ с при $n = 310$ об/хв, що свідчить про проковзування зернин відносно гвинтової поверхні шнека. Осьова швидкість транспортування зернин v_s залежить від числа обертів n або колової швидкості v і теоретичної осьової швидкості v_{ST} при якій точка А

переміщується без обертання. З урахуванням, що $v = \frac{\pi Dn}{60}$, а $v_{ST} = v \tan \alpha$, $v_{ST} = \frac{Sn}{60}$ на основі графіка швидкостей

$$v_s = K_0 v_{ST} = K_v \frac{Sn}{60}, \quad (3)$$

$$\text{де } K_v = \frac{\cos \alpha \cos(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} = \frac{v - v_M}{v} = 1 - \frac{n_U}{n}.$$

Скориставшись цими співвідношеннями можна визначити швидкість переміщення зернин повздовж осі шнека для частоти його обертання $n = 160$ та $n = 310$ об/хв

$$v_s = \left(1 - \frac{n_{AB}}{n}\right) \frac{S \cdot n}{60} = \left(1 - \frac{153}{160}\right) \frac{0,15 \cdot 160}{60} = (1 - 0,95) \cdot 0,4 = 0,05 \cdot 4 = 0,02 \text{ м/с}, \quad (4)$$

$$v_s = \left(1 - \frac{153}{310}\right) \frac{0,15 \cdot 310}{60} = (1 - 0,49) \cdot 0,775 = 0,51 \cdot 0,775 \approx 0,4 \text{ м/с}. \quad (5)$$

Рис. 1. Співвідношення швидкостей переміщення зернин шнеками

Виходячи з цих розрахунків можна визначити залежність осьової швидкості переміщення зернин від швидкості обертання шнеків та від інших параметрів шнеків. Таку залежність наведено

в дисертації. Незавжди встановити, що різниця швидкостей (теоретичної та дійсної) визначається значною мірою коефіцієнтами тертя.

Виходячи з викладених теоретичних уявлень різниця в швидкостях зернини та поверхні робочого органу обумовлює характер обтікання зернини рідиною, що дає змогу визначити силу

опору тертя P_{TP} за формулою

$$P_{TP} = C_{TP} f \rho \frac{v_0^2}{2}, \quad (6)$$

де f - площа поверхні обтікаємого тіла, m^2 ; ρ - густина рідини, kg/m^3 ;
 v_0 - швидкість обтікання, m/s ; C_{TP} - коефіцієнт тертя, що залежить від форми обтікаємого тіла.

За літературними даними для кулі або еліпсу при ламінарній течії (за Блаузісом) або за Карменсом $C_{TP} = 0,072 Re$. Опір тиску визначали за формулою Ньютона

$P_{дав} = C_{дав} f \rho \frac{v_0^2}{2}$. В цьому випадку f - міделевий перетин зернівки, а коефіцієнт тиску $C_{дав}$, при

незначних числах Re , визначають за формулою Стокса, тобто $C_{дав} = \frac{24}{Re}$. Для плавно окреслених тіл (яким є і зернина) можна прийняти $C_{дав} = 0,47$. Цими формулами можна користуватися при відомих значеннях швидкості, коефіцієнтів тертя, тиску та розмірів зернин. Швидкість обтікання можна визначити як різницю між $v_0 = v_{ST} - v_s$, для $n = 226$ і $n = 310$ об/хв $v_0 = 0,55 - 0,15 = 0,4$ м/с $v_0 = 0,8 - 0,4 = 0,4$ м/с, тобто швидкість обтікання майже не змінюється.

Виходячи з цих фундаментальних положень можна зазначити, що швидкість обтікання зернини, є основним фактором інтенсифікації процесу обробки зерна водою. Для збільшення швидкості використовують різні способи, одним з яких є турбулізація течії рідини. Її здійснюють різними засобами: пульсацією, ультразвуком, скороченням перетину течії, вібрацією, тощо. Теоретичні засади цих засобів засновані на збільшенні рушійної сили процесів та збільшенні (оновлені) поверхні контакту фаз.

Оскільки перелічені напрямки та засоби інтенсифікації мають значні обмеження в їх використанні, то підвищити ефективність обробки поверхні зерна водою можна тільки вдалим застосуванням сумісної дії або можливим сполученням перелічених засобів. Виходячи з цих положень на основі експериментальних та аналітичних даних можна скласти математичну модель процесу миття.

У цьому ж розділі викладено методику дослідження, яка включає об'єкт, програму і план експериментальних досліджень, схему і опис експериментальної установки (рис. 2) продуктивністю 1,3 т/год (0,36 кг/с), методики оцінки ефективності миття зерна водою, визначення мийної здатності води, методи опрацювання експериментальних даних та визначення похибки вимірювань.

Рис. 2. Схема експериментальної установки: 1 – мийна ванна; 2 – сплавна камера; 3 – віджимна колонна; 4 – зерновий шнек; 5 – каменевідокремлюючий шнек; 6 – вікно сплавної камери; 7 – бічевий барабан; 8 – ситова обичайка; 9 – випускний патрубок; 10 – приймальний пристрій; 11 – воронка труби; 12 – піногасник; 13 – привід шнеків; 14 – патрубок для відведення мінеральних домішок; 15 – збірник мінеральних домішок; 16 – лопаті барабана.

Для досліджень вибрано пшеницю рядову, вирощену в Одеській області в 1999...2000рр., вологістю – 12,2 %, зольністю – 1,98 % з вмістом домішок – 13,64 %, об'ємною масою – 700 kg/m^3 , густиною – 1350 kg/m^3 , масою 1000 зерен – 31,0 г, розмірами $l \times a \times b = 7,2 \times 2,7 \times 2,4$ мм. Для миття

зерна використали воду з показниками відповідно до ГОСТ 3351 – 74 та ін. "Вода питьєвая". Дослідження виконували у виробничих умовах підприємства „Жорж”.

У відповідності з програмою в процесі досліджень визначено питому витрату води на миття зерна (вимірюванням витрат води та зерна при різних режимах роботи), якість миття зерна за зольністю та приростом вологості в залежності від жорсткості води та її температури. Визначали швидкість переміщення зернин у воді під час миття, швидкість обертання робочих органів, їх геометричних розмірів. Повний план експериментальних досліджень наведено в дисертації. Установка має діаметр шнека 140 мм зі змінним кроком 185 мм (5 шт) та 100 мм (3 шт) загальною довжиною 1270 мм. Варіатор дозволяє змінювати швидкість обертання шнека мийної машини від 40 до 300 об/хв.

Мийну здатність води змінювали підвищенням температури та зниженням жорсткості. Полоскання зразка зерна здійснювали в скляній банці, яку закріплювали в лабораторному розсіві й мили протягом 1хв водою, з жорсткістю 0, 2, 4, 8 і 10 мг·екв/дм³ при температурах 10, 20, 30, 40 і 50 °С.

Обробку дослідних даних виконували за стандартними алгоритмами і програмами на ЕОМ. Послідовність обробки включали такі етапи: введення табличних даних, автоматичний вибір кривої з мінімальним середньоквадратичним відхиленням експериментальних і розрахункових даних, обчислення коефіцієнтів регресії, запис виду рівняння. Статистичний аналіз включає визначення грубих помилок, закону їх розподілу, довірчої похибки і довірчого інтервалу вимірюваного параметру, а також необхідної кількості повторень дослідів.

В третьому розділі викладено результати експериментальних досліджень та використання теоретичних засад інтенсифікації обробки зерна водою. Виходячи із загальних принципів, інтенсифікувати процес миття зерна можна зменшенням поверхневого натягу рідини, збільшенням швидкості обтічної течії рідини біля поверхні зернин та збільшенням поверхні контакту фаз (поверхні тертя). Показано, що можливості інтенсифікації зменшенням поверхневого натягу рідини обмежені.

Визначено сили тиску і тертя при обтіканні зернин водою, що дозволило встановити основні напрямки інтенсифікації процесу миття зерна. З цією метою аналітично встановлено швидкості і прискорення зернин у процесі миття, залежності швидкості переміщення зернини від режимів роботи машини. Встановлено залежності приросту вологості і зниження зольності від стану і режимів роботи мийної машини.

Маючи експериментальні, довідкові дані та аналітичні залежності складено узагальнений математичний опис процесу миття зерна. Обробка експериментальних даних показала лінійну форму залежності зміни зольності зерна від жорсткості – J та нелінійну – від температури – t_e і концентрації поверхнево активних речовин (ПАР) – $C_{ПАР}$ у воді:

$$\Delta Z = a_1 + \epsilon_1 t + \epsilon_2 t^2, \quad \Delta Z = a_2 - \epsilon_2 J, \quad \Delta Z = a_3 + \epsilon_3 C_{ПАР} + \epsilon_4 C_{ПАР}^2.$$

Обробка експериментальних даних дозволила встановити таку форму залежності зольності зерна й приріст вологості від питомих витрат води:

$$\Delta Z = \frac{q_{num}}{a_4 + \epsilon_4 q_{num}}, \quad \Delta W = \frac{q_{num}}{a_5 + \epsilon_5 q_{num}}. \quad (7)$$

За довідковими даними встановлено зв'язок між коефіцієнтом кінематичної в'язкості ϑ (м²/с) та коефіцієнтом поверхневого натягу σ (Дж/м²). Оскільки температуру води – t_e , її жорсткість – J та концентрацію поверхнево активних речовин – $C_{ПАР}$, можна охарактеризувати узагальнюючою мийною здатністю, що визначається коефіцієнтом кінематичної в'язкості ϑ , то ці часткові залежності представлено цим одним узагальнюючим параметром – ϑ . Для експериментальних точок: $t=20$ °С, $C_{ПАР}=0$, $J=6$ мг·екв/дм³, встановлено однакову мийну здатність зерна $\Delta Z=0,07$ %. За довідковими даними для води при $t = 20$ °С – $\vartheta = 1,01 \cdot 10^{-6}$ м²/с, а $\sigma = 0,072 \cdot 10^{-3}$

Дж/м². Таким чином можна ствердити, що вплив на мийну здатність води однаковий для $t_b=20^\circ\text{C}$, $Ж=6$ мг·екв/дм³ і $C_{ПАР}=0$.

У зв'язку з проведеними розрахунками отримано аналітичні і емпіричні залежності, які є результатом обробки довідкових та експериментальних даних:

$$\Delta Z = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 = -0,06 + 0,02786t - 0,0002143t^2; \quad \Delta Z = b_0 + b_1 Ж = 0,82 - 0,08 Ж;$$

$$\Delta Z = b_0 + b_1 C_{нас} + b_2 C_{нас}^2 = 0,37 + 1,39286C_{ПAB} - 1,071423C_{ПAB}^2;$$

$$\sigma \cdot 10^2 = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 = 7,5603 - 0,01433 t - 0,000025 t^2;$$

$$\vartheta \cdot 10^6 = b_0 + b_1 \ln t = 2,3431 - 0,45111 \ln t; \quad \Delta Z = b_0 + b_1 \ln q = 0,0477 + 0,01495 \ln q;$$

$$\Delta W = b_0 \cdot q^{b_1} = 3,2244 \cdot q^{0,1}.$$

Наведені співвідношення є математичним описом залежності якості миття зерна від характеристик мийного середовища.

За результатами аналітичних і експериментальних досліджень також встановлено швидкості і прискорення зернин в процесі миття зерна в горизонтальному і вертикальному напрямках в залежності від колової швидкості шнека при різних значеннях коефіцієнта тертя, приріст вологи і зменшення зольності від температури води, її жорсткості та питомих витратах, а також від узагальнюючих показників чисел Рейнольдса і Ейлера, що включають конструктивні характеристики машини та стан зернової суміші “вода-зерно”.

У четвертому розділі наведено аналіз режимів миття зерна, узагальнено результати експериментальних досліджень, складено алгоритм інженерного розрахунку для визначення витрат енергії на миття зерна при дотриманні його показників якості, співставлень результатів розрахунків із виробничими випробуваннями.

Оскільки одним із завдань є визначення витрат енергії, то при використанні теорії подібності, треба взяти такі критерії подібності, які містять визначаємі параметри – енергетичну та

швидкісну складову. Такими критеріями є числа Ейлера $Eu = \frac{\Delta P}{\rho v^2}$ та Рейнольдса $Re = \frac{vd\rho}{\mu}$. Геометричні характеристики можна представити одним із можливих чисел геометричної

подібності $\Gamma = \frac{l}{d}$. Зв'язок між цими числами можна представити залежністю $\frac{\Delta P}{\rho v^2} = A \left(\frac{vd}{v} \right)^m \left(\frac{l}{d} \right)^n$.

Для використання цього рівняння треба знати всі початкові розмірні величини які є в наведеному рівнянні P, v, ρ, μ, l, d , що, в свою чергу, визначаються властивостями зернин і зернової маси, характеристиками машини і режимами її роботи.

За початковими даними, що наведені в дисертації визначили: об'єм зернівки $V_3=18,6...25,63$ мм³; середню площу поверхні зернівки $F_3 = 50,2$ мм²; гідравлічний радіус шпар зернового середовища $r_s = 0,37...0,51$ мм; еквівалентний діаметр зернівки $d_{es} = 3,4...3,6$ мм; площу поперечного перерізу зернівки $f_s \approx 7,0; 9,0$ і 10 мм²; площу поперечного перерізу кожуха шнека $F_k = 0.014$ м²; еквівалентний діаметр шпар середовища $d_{ec} = 1,48...2,07$ мм.

Сила тиску на одну зернину $P = C_o f \rho \frac{v_o}{2} = 0,25(7,0; 9,0; 10) \cdot 1000 \frac{0,18}{2} = (2,0; 2,25; 2,5) \cdot 10^{-3}$ Па, а на всю масу зерна в мийній машині (58...75) Па. За цими даними обчислили межі зміни числа $Eu =$

2,0; 2,5; 3,0; межі зміни числа $Re = 130, 179, 379, 558$, та межі зміни симплексу $\Gamma = \frac{d_E}{d_{EII}} = 7,8,9,10$.
 Це дозволило визначити залежність $Eu = A Re^n \Gamma^m$ відомими методами аналізу розмірностей. В результаті розрахунків визначили сталу A та показники ступенів n і m і одержали критеріальне рівняння $Eu = 0,97 Re^{0,05} \Gamma^{-0,115}$.

Рис. 3. Схема алгоритму розрахунку процесу миття зерна

Прийнята форма опису є неповною, оскільки не враховує умови обертання робочого органу. Для усунення цього недоліку запропоновано доповнююче рівняння типу

$$Eu = A Re_{\text{ц}}^n Re_{\text{л}}^m, \quad (8)$$

де $Re_{\text{ц}}$, $Re_{\text{л}}$ – числа Рейнольдса для обертального та осьового переміщення зернової суміші.

В результаті обробки експериментальних даних одержано кількісне визначення цього рівняння

$$Eu = 1 \cdot 10^{14} \cdot Re_{\text{ц}}^{-1,57} Re_{\text{л}}^{-0,7}. \quad (9)$$

Алгоритм розрахунку за наведеними рівняннями показано на рис. 3.

Виробничі випробування виконували в мийній машині, схему якої було наведено на рис. 2. У відповідності з програмою та планом експериментальних досліджень досліди виконували при сталих витратах зерна 1,3 т/год (0,36 кг/с) при зміні питомих витрат води 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5 і 2,0 дм³/кг. Частоту обертання шнеків (40...200) об/хв змінювали за допомогою варіатора. За даними випробувань розраховували кутові, колові та осьові швидкості переміщення зернин і число Рейнольдса.

Виробничі випробування показали взаємозалежність між питомими витратами води, швидкістю обертання шнеків, температурою, в'язкістю, зниженням зольності та приростом вологості (табл. 1).

Таким чином, підтверджено, що залежності $Eu = f(Re, \Gamma)$ та $Eu = f(Re_{\text{ц}}, Re_{\text{л}})$, можуть бути узагальнюючими показниками інтенсифікації миття зерна, тобто враховувати вплив температури, жорсткості, наявності

Таблиця 1

Залежність якості миття зерна від питомих витрат води та частоти обертів шнеку

№ п/п	Питомі та абсолютні витрати води		Частота обертів в Шнекі в n , об/хв	Кутов а швидкість ω , с ⁻¹	Колов а швидкість $v_{\text{ок}}$, м/с	Осьова швидкість по колу лопатей v , м/с	Число $Re_{\text{л}}$ (лінійне)	Число $Re_{\text{ц}}$ (відцентрове)	Зниження зольності ΔZ , %	Приріст вологості ΔW , %
	м³/т	×10³, м³/с								
1	0,2	0,072	40	4,18	0,29	0,0072	870	0,042 · 10 ⁶	0,02	2,9
2*	0,5	0,18	40	4,18	0,29	0,018	2172	0,042 · 10 ⁶	0,03	3,0
3	0,8	0,28	40	4,18	0,29	0,028	3380	0,042 · 10 ⁶	0,04	3,0

4	1,0	0,36	40	4,18	0,29	0,036	4345	$0,042 \cdot 10^6$	0,05	3,1
5	1,5	0,54	40	4,18	0,29	0,054	6520	$0,042 \cdot 10^6$	0,06	3,1
6	2,0	0,72	40	4,18	0,29	0,072	8690	$0,042 \cdot 10^6$	0,07	3,1
7*	0,5	0,18	80	8,36	0,59	0,018	2172	$0,084 \cdot 10^6$	0,07	3,2
*										
8	0,5	0,18	110	11,5	0,80	0,018	2172	$0,112 \cdot 10^6$	0,07	3,2
9	0,5	0,18	160	16,7	1,17	0,018	2172	$0,168 \cdot 10^6$	0,07	3,4
10	0,5	0,18	200	20,93	1,47	0,018	2172	$0,21 \cdot 10^6$	0,07	3,4



Примітка: * робочий режим млина; ** найбільш ефективний режим для роботи на млинах.

поверхнево-активних речовин у воді та швидкість обтікання зернин водою. Оптимальні умови (зниження зольності на 0,07 % і приріст вологості на 3,2 %) та економічно доцільні витрати енергії досягненні при критичному значенні швидкості обертання шнеків 80 об/хв і питомих витратах води 0,5 м³/кг.

Для перевірки адекватності запропонованої методики розрахунку було проведено порівняння розрахункових та експериментальних даних (рис. 4). після розрахунку відносної похибки – її середній показник склав 18 %.

За цих режимів млин працював одну зміну. Вихід борошна вищого сорту збільшився на 0,8 % (55,0 % замість 55,8 %), а вихід борошна першого сорту залишився незмінним, тобто загальний вихід борошна склав 76,3 % замість нормативного - 75,5 %, якість борошна за показником для в/с покращилась на 4, для I-го сорту – також на 4 умовних одиниці, а білість: для в/с на 6, для I-го сорту – на 5 умовних одиниць по показнику прибору РЗ-БПЛ.

Економічний ефект розраховували за прибутком від збільшення виходу борошна за винятком підвищених витрат енергії при збільшенні швидкості обертання шнека, який склав 34 тис. грн. при переробці 3 200 т зерна.

Рис. 4. Порівняння розрахункових  та експериментальних  даних: 1 – при $n = 40$ об/хв; 2 – при $n = 80$ об/хв; 3 – при $n = 110$ об/хв; 4 – при $n = 160$ об/хв; 5 – при $n = 200$ об/хв..

Підтверджено, що швидкість переміщення середовища „зерно-вода” гвинтовими робочими органами може бути описана рівнянням Нав'є-Стокса і рівнянням нерозривності в циліндричній системі координат. Для спрощеного розв'язання системи рівнянь показана можливість використати запропоновану вище робочу гіпотезу: миттєва вісь обертання зернин при торканні лопаті шнека розташована в дотичній площині до його поверхні. Це дозволило визначити швидкість обтікання зернин водою, яка забезпечує найкращі умови відривання частинок забруднень з поверхні зернівок.

Розрахунками підтверджено, що прийнята гіпотеза про розташування осі ротора зернини у площині зсуву дозволила визначити з припустимою похибкою відносні швидкості руху частинок в суміші „зерно-вода”, на основі якої сформульовано принципи інтенсифікації процесу миття зерна. Експериментально підтверджено теоретично викладене припущення, що відношення витрат води до загальних витрат суміші повинно бути більше коефіцієнта шпаруватості, який визначає умови інтенсивного вилучення забруднень з поверхні зернівок.

ВИСНОВКИ

1. Визначено основні напрямки покращення якості готової продукції млинів підвищенням ефективності очищення зерна при мінімальних витратах енергії за рахунок наукового обґрунтування доцільних геометричних, кінематичних параметрів робочих органів і режимів

обробки зернових сумішей в залежності від їх властивостей, характеру забруднень та умов обробки. Показано, що обробка зерна в мийних машинах сприяє покращенню санітарного стану зерна та зниженню його мікробіологічного забруднення.

2. Сформульовано основні умови ефективного проникнення молекул поверхнево-активних речовин у вузький молекулярний зазор між поверхнею зернини і часткою забруднення, що послабляє сили молекулярного зчеплення частинок забруднень з поверхнею зернини. Явищам послаблення сил зчеплення сприяє зменшення коефіцієнта динамічної в'язкості з $0,072 \cdot 10^{-3}$ до $0,08 \cdot 10^{-3}$ Па·с, який є узагальнюючим показником мийної здатності води та залежить від збільшення температури, зменшення жорсткості та підвищення концентрації поверхнево-активних речовин. Важливу роль відіграють швидкості обтікання зернин водою.

3. Встановлено, що основний вплив на відокремлення забруднень мають тиск та сили тертя. Зведена дія цих сил призводить до тертя поверхонь зернин між собою, проковзування зернин по гвинтовій поверхні робочого органу та переміщення їх в осьовому напрямку.

Опір рідини переміщенню зернини представлено як суму сил тертя і тиску, та визначається гідравлічним радіусом шпар зернового середовища ($0,37 \dots 0,51$ мм), величиною простору між гвинтами шнека і гідравлічним радіусом вани.

4. Показано, що інтенсивність відривання частинок тертям та зсувом визначається швидкістю обтікання поверхні зернин рідиною, яка в свою чергу, залежить від співвідношення витрат води та зерна, швидкості робочих органів, конструктивних розмірів і форми робочих органів та мийної ванни. Теоретичними дослідженнями доведено, що сумісне ефективне тертя між зернинами може відбуватись при шпаруватості $\varepsilon > 0,3$, що відповідає експериментально встановленому відношенню об'єму води до об'єму зерна як 1:2.

5. Запропоновано визначати швидкість і прискорення зернин за допомогою гіпотези про розташування осі ротора зернини в площині зсуву, а зведені сили представляти узагальнюючими показниками – числами Ейлера та Рейнольдса в межах їх зміни ($Eu = 20 \dots 30$, $Re = 130 \dots 558$) та зміни геометричного симплексу ($\Gamma = 7 \dots 10$). На основі визначених границь зміни цих узагальнюючих характеристик складено критеріальне рівняння для визначення затрат енергії на обробку зерна при різних частотах обертання робочого органу.

Прийнята гіпотеза про розташування осі ротора зернини в площині зсуву дозволили визначити з припустимою похибкою швидкість руху частинок в суміші „зерно-вода”, яка складає $0,2 \dots 0,4$ м/с.

6. Запропоновано критеріальне рівняння, в якому врахована відцентрова складова швидкості переміщення, тобто співвідношення між лінійним $Re_{\text{л}}$ і відцентровим $Re_{\text{ц}}$ числами Рейнольдса, оскільки одержане співвідношення чисел Eu і Re враховує тільки лінійну складову переміщення зернин в процесі їх обробки.
7. Складено алгоритм та виконано відповідні розрахунки режимів

обробки зерна водою, які передбачають введення початкових даних за характеристиками зерна, води, робочих органів машини. На цій основі визначено параметри, які необхідні для встановлення узагальнюючих показників найбільш ефективних режимів миття зерна. Випробування показали, що найкращі результати досягаються при частоті обертання шнеків мийної машини $n = 80$ об/хв, витратах води – $0,5 \text{ дм}^3$ на 1 кг зерна та зменшенні кроку гвинтів до розміру діаметра шнека. Зниження зольності зерна пшениці склало $0,07 \%$ за умов припустимого збільшення вологості – $3,2 \%$.

8. При таких параметрах забезпечуються мінімальні питомі витрати води та економічно доцільні витрати енергії на приведення до руху робочих органів. Економічний ефект від впровадження складає $20\,000$ грн при переробці $3\,200$ т зерна і двозмінній роботі млина.

Основний зміст роботи викладено в таких публікаціях:

1. Гончарук А.А. Зависимость состава примесей моечной воды от режимов мойки зерна // Зб. наук. праць ОДАХТ. Вип. 21. – Одеса, 2001. – С. 110-112.
2. Остапчук Н.В. Гидродинамические закономерности течения жидкости в процессе мойки зерна / Н.В. Остапчук, А.А. Гончарук, С.Т. Тастанбеков // Зб. наук. праць ОДАХТ. – Одеса, 2002. – № 24. – С. 313-316.

Здобувач визначила особливості взаємодії частин твердого тіла з рухомих рідким середовищем, що дало змогу визначити режими миття зерна.

3. Остапчук Н.В. Определение производительности винтовых питателей / Н.В. Остапчук, Ю.М. Дажикаев, А.А. Гончарук // Зб. наук. праць ОДАХТ. – Одеса, 2002. – № 24. – С. 316-318.

Здобувач визначила основні параметри: оперативний управляючий – швидкість обертів; установочний управляючий – діаметр та крок лопаті шнека.

4. Остапчук Н.В. Теоретичні засади інтенсифікації обробки зерна водою / Н.В. Остапчук, А.А. Гончарук // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 7 (37). – С. 51-53.

Здобувач сформулювала основні напрямки інтенсифікації обробки зерна водою.

5. Гончарук Г.А. Разработка модели распределения давления в зерновой среде / Г.А. Гончарук, Л.Г. Гросул, М.В. Остапчук // Зернові продукти і комбікорми. – 2003. – № 4. – С. 48-51.

Здобувач виконала всі розрахунки при одержанні математичної моделі розподілу тиску в зерновому середовищі.

6. Гросул Л.Г. Закономерности распределения тиску пари в рухомому зерновому середовищі / Л.Г. Гросул, Г.А. Гончарук, М.В. Остапчук // Зб. наук. праць ОНАХТ. – Одеса, 2004. – № 27. – С. 7-12.

Здобувач одержала математичні моделі, які можуть бути рекомендовані для використання у процесі удосконалення будови та оптимізації режимів існуючих апаратів, чи при розробці нових конструкцій.

7. Остапчук М.В. Закономерности аеро- та гидравлического опору зерна як сипкого середовища / М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич, Г.А. Гончарук // Зерно і хліб. – 2005. – № 2. – С. 42-43.

Здобувач проаналізувала особливості зернового шару, тобто зміну числа Рейнольдса від швидкості течії рідини в різних просторових координатах середовища.

8. Остапчук М.В. Зменшуйте затрати на вологотеплову обробку зерна / М.В.

Остапчук, Г.М. Станкевич, Г.А. Гончарук // Зерно і хліб. – 2005. – № 3. – С. 22-23.

Здобувач визначила режимні параметри ВТО.

9. Потенціал безперервної вологотеплової обробки зерна і крупів ще далеко не вичерпаний / М. Остапчук, Г. Станкевич, Л. Овсянникова, Г. Гончарук // Зерно і хліб. – 2005. – № 4. – С. 24-26.

Здобувач приймала участь в визначенні режимних параметрів пропарювачів.

10. Остапчук М.В. Системні методи визначення характеристик зернових мас / М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич, Г.А. Гончарук // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 11. – С. 31-34.

Здобувач проаналізувала структуру зернового шару та залежність щільності розподілу шпаруватості від еквівалентного діаметру зернини.

11. Гончарук А.А. Оптимизация затрат энергии на мойку зерна // Зернові продукти і комбікорми. – 2005. – № 4. – С. 42-44.
12. Гончарук А.А. Влияние поля скоростей смеси на качество мойки зерна // 36. наук. праць ОНАХТ. Вип. 28, т. 2. – Одеса, 2006. – С.229-234.
13. Гончарук А.А. Определение скоростей зерновок в процессе мойки зерна / А.А. Гончарук, С.Т. Тастанбеков // Тр. КазНИИ Зерна и продуктов его переработки. Вып. 3. – Астана, 2001. – С. 386-388.

Здобувач провела аналітичні дослідження по визначенню швидкості переміщення зерна в процесі миття в різних напрямках.

14. Принципы сокращения затрат на очистку выбросов зерноперерабатывающих предприятий / Н.В. Остапчук, Масри Джихад, Дхем Муссааб, А.А. Гончарук // Проблемы та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. – Одеса, ОДАХТ. – 1997 – С. 96-98.

Здобувач розрахувала розміри апаратів, що скорочують витрати.

15. Интенсификация процессов осаждения частиц выбросов зерноперерабатывающих предприятий / Н.В. Остапчук, Масри Джихад, Дхем Муссааб, А.А. Гончарук // Проблемы та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. – Одеса, ОДАХТ. – 1997. – С. 123-125.

Здобувач визначила ознаки інтенсифікації процесів осадження.

16. Уравнения двухфазных потоков переменной структуры твердой компоненты / О.И. Гапонюк, А.А. Бакуменко, А.А. Гончарук, П.А. Подкалюк // Проблемы та перспективи розвитку виробництва та споживання хлібопродуктів. – Одесса, ОДАХТ. – 1997. – С. 126-129.

Здобувач розв'язала рівняння змінної структури.

АНОТАЦІЯ

Гончарук Г.А. Удосконалення процесу обробки зерна в комбінованих мийних машинах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв. – Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, 2007.

В дисертації обґрунтовано доцільність обробки зерна водою з метою очищення і знезараження поверхні зернин, вилучення небажаних домішок із зернового середовища та підвищення якості готової продукції, викладено основні теоретичні уявлення про процес обробки зерна водою, розглянуто і уточнено механізм взаємодії зерна з водою, наведено результати аналітичних і експериментальних досліджень по визначенню залежностей якості миття зерна від

питомих витрат води, форми та конструктивних параметрів робочих органів і мийної ванни, жорсткості, температури, концентрації поверхнево-активних речовин у воді, що узагальнюються поверхневим натягом (в'язкістю) води. За результатами аналітичних, експериментальних та виробничих досліджень складено алгоритм розрахунку режимів обробки зерна та конструктивних параметрів мийної машини, що забезпечують нормативну якість миття при економічно-доцільних витратах енергії та води.

При визначенні режимів враховано вірогіднісний характер зміни властивостей зерна і зернового середовища як біологічного об'єктів. Економічний ефект склав 20 тис. грн при переробці 3 200 т зерна щорічно.

Ключові слова: миття зерна, мийна машина, вода, зольність зерна, поверхневий натяг, в'язкість води, режими плину рідини.

АННОТАЦИЯ

Гончарук А.А. Совершенствование процесса обработки зерна в комбинированных моечных машинах. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса, 2007.

В диссертации обоснована целесообразность обработки зерна водой с целью очистки и обеззараживания поверхности зерновок, выделения нежелательных примесей из зерновой среды и повышение качества готовой продукции, изложены основные теоретические представления о процессе обработки зерна водой, рассмотрен и уточнен механизм взаимодействия зерна с водой, приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований по определению зависимостей качества мойки зерна от удельных затрат воды, формы и конструктивных параметров рабочих органов и моечной ванны, жесткости, температуры и концентрации поверхностно-активных веществ в воде, которые обобщены поверхностным натяжением (вязкостью) воды.

Установлено, что в существующих типах моечных машин на зерновку действуют: сила тяжести, силы инерции в горизонтальном и вертикальном направлениях, силы трения частицы при обтекании ее водой, и пр. Все перечисленные силы определяют траекторией, скоростью и ускорением зерновки в процессе мойки зерна. Определено взаимодействие зерновки с движущимся потоком воды, которое сводится к следующему. Соппротивление жидкости движению частицы представляется как сумма сопротивлений силам трения и силам давления. Эти силы определяются формой зерновки, скоростью (режимом) обтекания, свойствами (вязкостью) воды и выражают обычно числом Рейнольдса.

Экспериментально и по справочным данным установлены зависимости: приращения влажности и качества мойки зерна (по снижению зольности) от удельного расхода воды, ее вязкости и поверхностного натяжения определяемой температурой, жесткостью и концентрацией поверхностно-активных веществ.

Аналитически определены связи между скоростью обтекания зерна водой, числом Рейнольдса и свойствами воды, зависимости числа Рейнольдса от удельных затрат воды, конструктивных параметров моечной машины, режимов ее работы и вязкости воды.

По справочным и экспериментальным данным, определены зависимости качества мойки зерна и приращения ее влажности от числа Рейнольдса, которое обобщает предыдущие исследования по влиянию температуры, жесткости, концентрации поверхностно-активных веществ, режимов работы и конструктивных параметров моечной машины, т.е. составлено обобщающее математическое описание процесса мойки зерна. Проведенные производственные испытания моечной машины в заводских условиях подтвердили определенные ранее полученные

зависимости качества мойки зерна от соотношения расходов воды и зерна, скорости вращения шнеков и от обобщающего показателя – числа Рейнольдса. Производственные испытания подтвердили, что число Рейнольдса может быть обобщающим показателем интенсификации мойки зерна, т.е. учитывающие влияние температуры воды, жесткости, наличия ПАВ и скорости обтекания зерновок водой.

По результатам аналитических, экспериментальных и производственных исследований составлен алгоритм расчета режимов мойки и конструктивных параметров моечной машины, которые обеспечивают нормативное качество мойки при экономически целесообразных затратах энергии и воды. При определении режимов учитывали вероятностный характер изменения свойств зерна и зерновой среды как биологических объектов. Экономический эффект составил 20 тыс. грн ежегодно при переработке 3 200 т зерна.

Ключевые слова: мойка зерна, моечные машины, вода, зольность зерна, поверхностное натяжение, вязкость воды, режимы течения жидкости.

ANNOTATION

Goncharuk A.A. Perfection of the grain processing process in the combined washing machines. – Manuscript.

Dissertation for the scientific degree of the candidate of the technical sciences on the speciality 05.18.12 – Processes and machinery of the food, microbiological and pharmaceutical productions. – Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, 2007.

Expediency of the grain processing with water with the aim of cleaning and decontamination of grain surface, isolation of the undesirable admixtures from the grain medium and raising of the finished products quality, has been grounded in the dissertation. The main theoretical concepts about grain processing process with water have been stated; the mechanism of grain and water interaction has been considered and has been made more exact; the results of analytical and experimental investigations on determination of dependences of grain washing quality on water specific expenses, shape and constructive parameters of the working members and the washing bath, rigidity, temperature, concentration of the surface – active substances in the water, which are generalized by the surface water viscosity, have been given.

By the results of the analytical, experimental and production tests, the algorithm of calculation of grain processing regimes and the constructive parameters of the washing machine, which provide normative quality of washing at the economically expedient expenses of energy and water, has been composed. When determining the regimes, the probability character of grain properties changing as well as grain medium changing, has been taken into consideration. It must be added, that grain and grain medium are biological objects. The economical effect made up twenty thousand hrivnyas at the processing of 3200 tonnes of grain yearly.

Key words: grain washing, washing machine, water, ash content of the grain, surface tension, water viscosity, regime of liquid flow.

Підписано до друку 12.04.2007 р. Формат 60×88/16. Об'єм 0,9 умовн. друк. арк. Замовлення №
11. Тираж 100 прим.

ОНАХТ, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039