

АНОТАЦІЯ

Литвинчук Д.Г. Оптимізація процесу керування обладнанням зерносушильної ділянки на хлібоприймальному підприємстві. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». – Херсонський національний технічний університет, Херсон, 2020.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності процесу керування обладнанням зерносушильної ділянки на хлібоприймальних підприємствах за рахунок розробки методів керування зерносушильним обладнанням та оптимізації режимних параметрів сушіння з метою забезпечення енергозберігаючих режимів функціонування технологічного обладнання.

У дисертаційній роботі виконано аналіз особливостей та проблем процесу сушки зерна на хлібоприймальному підприємстві. Показано, що процес сушіння зерна є енерговитратним, тривалим і точним через необхідність дотримання жорсткого температурного режиму. Іншою проблемою є людський фактор - коли оператор не справляється з управлінням всіма процесами з транспортування, обробки, просушування і тривалого зберігання, через збільшення числа керованих параметрів і функціональних частин на сучасних підприємствах зберігання зернових культур.

У дисертаційній роботі наведені основні існуючі методи сушки зерна які використовуються на підприємстві. Сушка зерна - це ефективний метод підготовки зерна для тривалого зберігання. Сушка зменшує підвищену вологість зерна після збирання до оптимальної при зберіганні 14 - 15%. Вона покращує якісні характеристики зерна, значно зменшуючи вартість його переробки. Основні способи сушіння зерна полягають у використанні повітря

як сушильного агента. Процес сушіння відбувається за рахунок того, що повітря підводить тепло до зерна і усуває вологу через процес випаровування.

Розглянуті основні види зерносушарок, та проведено порівняльний аналіз сучасних сушарок та визначені їх основні переваги та недоліки. У рамках дисертаційної роботи був обраний конвеєрний тип сушарки, який є одним із перспективніших типів сушарок. Основною перевагою даної сушарки є можливість рівномірної обробки зерна безперервним потоком теплоносія. Що забезпечує плавний і якісний процес сушіння, виключає застій або перегрів. Волога видаляється в міру просування сировини по конвеєру, швидкість якого регулюється для підбору оптимального режиму роботи. Позитивно позначається на реальній продуктивності і відсутність процесів завантаження / розвантаження і необхідності попереднього очищення. Так як зерно подається на конвеєр з приймального бункера постійно, відповідно, висушене зерно не змішується зі знов поступаючим, підвищується якість і рівномірність просушування на виході. Виконаний аналіз існуючих математичних моделей процесу сушки зерна, виявив, що визначення температури і вологості зерна відбувається без урахування змін коефіцієнтів теплообміну, дифузії вологи, теплоємності, теплопровідності та усереднено по всій глибинні шару зерна, що не дозволяє якісно виконувати прогноз динаміки параметрів зернової маси та виконувати оптимізацію режимних параметрів процесом керування зерносушильним обладнанням. Розроблена параметрична схема процесу сушки, у якій визначено вхідні, вихідні та керуючі параметри, а також внутрішні параметрами зерна, до яких відносять кількісні характеристики теплофізичних і термодинамічних властивостей.

Отримана безперервна математична модель процесу сушки зерна, на основі рівнянь тепло- і масопереносу, яка дає можливість прогнозувати зміну вологості зерна з урахуванням впливу теплофізичних та термодинамічних властивостей зерна. Визначення теплофізичних і масообмінних характеристик зерна необхідно для вивчення явищ, що відбуваються при сушінні зерна, знання коефіцієнтів дозволяє науково обґрунтувати раціональні режими

ведення технологічних процесів, що має важливе практичне значення, а також дозволяє визначити градієнти температури і вмісту вологи і описати поля температури і вмісту вологи в зерна, тобто отримати характеристики, що впливають на його технологічні властивості.

На основі безперервної математичної моделі була розроблена дискретизована математична модель з використанням методу кінцевих різниць, яка була реалізована у програмному пакеті Matcad. Експериментальне дослідження проводилося на стенді, на якому було отримано залежності температури та вологості зерна від часу в процесі сушки. Аналіз обчислених похибок математичної моделі доводить її адекватність що дає можливість її подальшого використання для оптимізації процесу сушки.

Впровадження систем нового покоління – комп'ютеризованих автоматизованих комплексів зернопереробних підприємств і сховищ, передбачає розробку методів та засобів оптимізації оперативного керування технологічним процесом, що дозволять керувати, контролювати та вести жорсткий облік якісних та кількісних характеристик зернової маси. Тому оптимальне керування обладнанням зерносушильної ділянки здійснювалося з метою мінімізації витрат на керування (економії енергетичних ресурсів на підготовку агенту сушки) та отримання оптимального температурного і вологісного режиму зерна, що забезпечить збереження якісних характеристик для подальшого зберігання або переробки.

Для підтримки оптимального режиму процесу сушіння зерна використана дискретизована модель динаміки вологості і температури зерна по висоті зернового шару. Для використання сучасних методів теорії оптимального управління було розроблено модель динаміки процесу сушіння у просторі станів з використанням методу лінеаризації шляхом розкладання нелінійної моделі в ряд Тейлора. Для синтезу оптимального керування процесом сушки, сформульовано функціонал мети, визначені обмеження на керування та фазовий вектор, а також крайові умови. Поставлене завдання вирішено на основі принципу розділення. Застосування цього принципу дозволяє довести, що

матриця коефіцієнтів оптимального регулятора, замкненого по повному вектору стану залишається незмінною і у тому випадку, коли замикання системи проводиться по оцінках вектора стану спостерігаючим пристроєм, параметри якого визначаються з умови мінімуму середнього квадрата помилки відновлення. Для розв'язання задачі оптимального керування отриманні залежності, що визначають пропорціональний лінійний регулятор з матричним коефіцієнтом підсилення, що може бути визначений однократно поза контуром керування. Іншим важливим завданням оптимізації є мінімізація кількості датчиків комп'ютеризованої системи моніторингу. У дисертаційній роботі розроблена методика визначення схеми оптимального розміщення датчиків на основі методу одновимірного спектрального аналізу, який дозволяє уникнути інформаційної надмірності і спростити технічну реалізацію контура ідентифікації стану вологості і температури зерна, ефективність роботи якого зумовлює ефективність роботи інформаційно-управляючої системи зерносушильним обладнанням.

У дисертаційній роботі запропоновано використовувати інформаційно-управляючу систему, з метою зниження суб'єктивності в оцінці поточного стану керованого процесу, а також забезпечення можливості керування процесом сушки зерна в автоматичному режимі. Удосконалено структуру інформаційно-управляючої системи за рахунок використання програмних та інструментальних засобів призначених для створення систем автоматизації типу SCADA. Ефективне функціонування інтегрованих автоматизованих систем керування можливе при своєчасному синтезі керуючих дій, що потребує систематично здійснювати оцінку стану об'єкту. Тому у дисертаційній роботі запропоновано впроваджувати підсистему моніторингу в складі інтегрованих систем керування з метою вимірювання всіх параметрів функціонування об'єкту і навколишнього середовища, а також поповнення бази даних поточною інформацією.

Ключові слова: сушка зерна, математична модель, метод кінцевих різниць, оптимальне керування, спостерігаючий пристрій, системи підтримки прийняття рішень, інформаційно-управляючі системи, моніторинг.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Polyvoda O., Lytvynchuk D., Polyvoda V. (2020) Monitoring Subsystem Design Method in the Information Control System. In: Lytvynenko V., Babichev S., Wójcik W., Vynokurova O., Vyshemyrskaya S., Radetskaya S. (eds) Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1020. Springer, Cham, pp 294-303 (Scopus)

Здобувачем визначена схема оптимального розміщення датчиків вологості і температури зерна підсистеми моніторингу інформаційної системи управління сушінням зерна з використанням методів спектрального аналізу.

2. Поливода В.В. Моделювання процесу вимірювання вологості в зерновій масі / В.В. Поливода, Д.Г. Литвинчук, В.О. Гавриленко // Вісник ХНТУ №3(58), 2016 р. – Херсон: ХНТУ, 2016. – С. 388–392.

Здобувачем виконано аналіз методів вимірювання вологості зернової маси с точки зору можливості їх використання у сучасних системах керування зерносушильним обладнанням та розроблено модуль вимірювання вологості зерна на базі кондуктометричного методу.

3. Поливода О.В. Математична модель оцінки вологості зерна у борошномельному виробництві із застосуванням нейронних мереж / О.В. Поливода, В.В. Поливода, Д.Г. Литвинчук // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2017. – Вип. 3(62). Т.1. – С. 328–332.

Здобувачем розроблено спосіб одержання та обробки первинної інформації в процесі обробки зерна з використанням інтелектуального датчика вологості, побудованого на алгоритмах штучних нейронних мереж.

4. Литвинчук Д.Г. Математична модель динаміки вологості та температури зерна в процесі сушіння / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода, В.В. Поливода, В.О.Гавриленко // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2018. – №3 (66). – С. 85 – 90.

Здобувачем запропоновані моделі кількісних характеристик зерна: коефіцієнт дифузії вологи зерна, теплопровідність, теплоємність та температуропровідність.

5. Литвинчук Д.Г. Дослідження математичної моделі динаміки параметрів зернової маси у процесі конвективного сушіння / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода, В.В. Поливода // Прикладні питання математичного моделювання. – 2020. – Т.3, №2.2. – С. 165 – 173.

Здобувачем розроблено модель динаміки температури та вологості зерна на основі рівнянь тепло- і масопереносу з використанням методу кінцевих різниць.

6. Литвинчук Д.Г. Проблемы измерения влажности зерна в потоке / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С.150-153.

Здобувачем проаналізовано методи визначення вологості зерна в потоці та виконано порівняння існуючих вологомірів зерна за точністю та діапазоном вимірювання.

7. Литвинчук Д.Г. Проблеми програмної реалізації моделей процесу сушіння зерна на зернопереробних комплексах / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода // Проблеми техніки і технології переробних виробництв: зб. доп. III міжнар. наук.-практ. конф. 30-31 трав. 2017 р. – Покровськ, ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – С.120-122.

Здобувачем проаналізовані методи побудови математичної моделі процесу сушіння та можливості її програмної реалізації.

8. Литвинчук Д.Г. Моделювання теплофізичних та масообмінних параметрів зернової маси / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики. – 2018. – С. 31–32.

Здобувачем виконано аналіз зерносушарки як об'єкту керування та виділенні основні теплофізичні та масообмінні характеристики зерна.

9. Поливода О.В. Математична модель оцінки вологості зерна у борошномельному виробництві із застосуванням нейронних мереж / О.В. Поливода, В.В. Поливода, Д.Г. Литвинчук // XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) [Збірка тез (18-22 вересня 2017 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С.82.

Здобувачем розроблено метод автоматичного контролю вологості зерна в потоці, заснований на провадженні в АСУ ТП інтелектуального датчика, побудованого на алгоритмах штучних нейронних мереж.

10. Литвинчук Д.Г. Математична модель динаміки вологості та температури зерна в процесі сушіння / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода, В.В. Поливода, В.О. Гавриленко // XIX Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2018) [Збірка тез (17-21 вересня 2018 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2018. – С. 19.

Здобувачем проаналізовано параметричну схему процесу сушіння зерна та визначено вхідні, вихідні та керуючі параметри для зерносушильного обладнання.

11. Polyvoda O.V., Lytvynchuk D.G., Polyvoda V.V. Monitoring Subsystem Design Method In The Information Control System // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнар. наук. конф., 21-25 травня 2019 р., с. Залізний Порт, pp.146.

Здобувачем запропоновано використовувати методи спектрального аналізу для оптимізації розміщення датчиків вологості і температури зерна у структурі підсистеми моніторингу інформаційної системи управління процесом сушіння зерна.

12. Литвинчук Д.Г. Разработка датчика влажности зерна в потоке / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода //Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики. – 2019. – С. 21-22.

Здобувачем запропоновано структурну схему приладу для вимірювання вологості зерна в потоці.

13. Литвинчук Д.Г., Поливода О.В. Експериментальне дослідження процесу сушки зерна у сушильній шафі // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню космонавтики. Ред. Г.В. Рудакової та ін. Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2020. – С.22.

Здобувачем виконано експериментальне дослідження процесу сушки зерна для перевірки адекватності математичної моделі.

14. Литвинчук Д.Г. Дослідження математичної моделі динаміки параметрів зернової маси у процесі конвективного сушіння / Д.Г. Литвинчук, О.В. Поливода, В.В. Поливода // XXI Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2020) [Збірка тез (14-18 вересня 2020 р., м. Херсон)]. – Херсон: ХНТУ, 2020. – С.76.

Здобувачем виконано експериментальне дослідження математичної моделі динаміки вологості і температури зернової маси в процесі конвективного сушіння з використанням зерносушильного обладнання конвеєрного типу та сучасних апаратних і програмних засобів автоматизації.