

УДК 631.365: 633.1: 631.536.24

RATIONALIZING THE SCHEME OF VIBRO-OZONIZING DRYER FOR POSTHARVEST GRAIN PROCESSING

I. Palamarchuk, O. Tsurkan, D. Prisyazhnyuk, Y. Poljevoda
Vinnitsia National Agrarian University

Key words:

*Drying
Postharvest processing
Ozone-air mixture
Mechanical vibrations
Vibro-ozonizing dryer*

Article history:

Received 01.09.2016
Received in revised form
19.09.2016
Accepted 08.10.2016

Corresponding author:

O. Tsurkan
E-mail:
tsurkan_ov@mail.ru

ABSTRACT

The existing ways to remove the abundant moisture from grain are reviewed and their analysis is conducted in this article. The necessity of complex use of intensifying factors and driving forces for moisture removal is substantiated. The methods of applying ozonized air and mechanical vibrations are used for this purpose. The developed scheme of a dryer that will ensure the realization of the set goals.

ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВІБРООЗОНУЮЧОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Д.В. Присяжнюк, Ю.А. Полсвода
Вінницький національний аграрний університет

У статті наведено існуючі способи видалення зайвої вологи із зерна та проведено їх аналіз. Обґрунтовано необхідність комплексного використання інтенсифікуючих і рушійних факторів для видалення вологи, зокрема застосування озонованого повітря й механічних коливань. Представлено схему розробленої сушарки, яка забезпечить реалізацію поставлених завдань.

Ключові слова: *сушіння, післязбиральна обробка, озоноповітряна суміш, механічні коливання, віброозонуюча сушарка.*

Постановка проблеми. Сушіння зернової сировини під час післязбиральної обробки є важливим технологічним процесом, метою якого є отримання матеріалу з нормативними властивостями. Для цього використовують два основні способи видалення зайвої вологи із зерна: у вигляді рідини і у вигляді пари. Найбільшого розповсюдження набув другий спосіб — тепловий. Енергія, необхідна для випаровування вологи, підводиться до зерна різними методами: конвекцією, кондукцією, терморадіацією, в електричному полі струмів високої частоти тощо.

Найбільшого застосування в технології зерносушіння отримало сушіння при конвективному теплопідведенні. У цьому випадку енергія, необхідна для випаровування вологи, підводиться до зерна у вигляді нагрітого газу — повітря або суміші повітря з продуктами згоряння палива [1]. Але поряд із своїми перевагами конвективний метод має і ряд недоліків, основним з яких є значна енергоємність процесу. В зв'язку з цим і надалі триває інтенсивний пошук методів зниження енерговитрат і підвищення продуктивності означеного процесу. Цю актуальну проблему можна вирішити шляхом створення конструкції сушарки, яка б надавала можливість реалізувати в сукупності інтенсифікуючі та рушійні фактори для видалення вологи із капілярно-пористих матеріалів, зокрема застосування фізичних (озоноване повітря) та вібраційних ефектів.

Використання вібраційної технології для сушіння зернової сировини значною мірою інтенсифікуватиме технологічний процес, а застосування озоноповітряної суміші як сушильного агента сприятиме не тільки зменшенню зараженості зерна грибами і бактеріями, а й пришвидшенню видалення зв'язаної вологи, яка знаходиться всередині кожної зернини. Такий підхід вимагає використання вібраційного обладнання й озонаторів, що призводить до додаткових вимог щодо безпеки виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У [2; 3] вказується, що концентрація озону в озоноповітряній суміші при сушінні зерна повинна підтримуватися у межах 2...40 мг/м³ залежно від початкової вологості і виду продукції. Авторами праць [3; 4] здійснена спроба обґрунтувати фізику інтенсифікації процесу сушіння за рахунок застосування озоноповітряної суміші. У [5] наведені переваги вібраційних сушарок порівню з традиційними і показані їх конструктивні особливості.

Метою статті є обґрунтування енергоефективної схеми сушарки для післязбиральної обробки зернової сировини з використанням механічних коливань і суміші повітря та озону як сушильного агента.

Виклад основних результатів дослідження. Сушіння зернової сировини за допомогою озоноповітряної суміші має ряд особливостей. У перший період сушіння частина озону вступає в окислювальні реакції на поверхні зерна з органічними і неорганічними речовинами, утворюючи при цьому вибухові леткі речовини й очищаючи поверхню матеріалу. В результаті цього опір потоку вологи зменшується. З іншого боку, частина поверхневої вологи витрачається на реакцію з утвореними озонідами [3].

При проходженні через зернову масу озон розкладається на O₂ і O, виділяючи теплоту, яка становить 142 кДж/моль. Атомарний кисень зв'язує вологу навколо себе у вигляді крапель, які виносяться потоком повітря. Після видалення поверхневої вологи озон може впливати на проникність клітинних мембран, наявність атомарного кисню сприяє руху вологи з клітин назовні. Наступний етап сушіння — відведення сорбційно-зв'язаної вологи. На цьому етапі велику роль відіграють теплота, що виділяється при розпаді озону, наявність атомарного кисню та іонів різної полярності. Електричні сили можуть сприяти ослабленню дипольних зв'язків молекул води із стінками поверхні. Все це істотно впливає на швидкість сушіння зерна [6].

У зерні та харчових продуктах волога перебуває у зв'язаному стані, тобто бере участь у процесах життєдіяльності. Форми зв'язку в них різноманітні, тому для їх руйнування потрібна велика кількість енергії.

При направленні озону на поверхню рослинного матеріалу виникають процеси, які швидко поширюються у внутрішніх тканинах. По суті, це зводиться до передачі енергії, яка вивільняється на молекулярних мішенях верхнього шару зернівки або харчового продукту, у внутрішні тканини і, звичайно, змінюється сумарний енергетичний потенціал. Причому частину надлишкової енергії беруть на себе фізико-хімічні перетворення, внаслідок яких змінюється структура клітинних мембран, окислювально-відновлювальний потенціал, іонна проникність та інші властивості клітини. Частина енергії перетворюється в тепло, що прискорює розвиток наступних процесів.

Взаємодія озону з рослинним матеріалом спричиняє в ньому зменшення енергетичного рівня зв'язків вологи, а також вносить свою частку в інтенсифікацію тепломасообміну. Встановлено, що масообмінні процеси прискорюються за рахунок того, що підвищується вологовіддача матеріалу на основі біохімічних, фізико-хімічних процесів і збільшується вологоутримувальна здатність сушильного агента.

Сушіння із використанням озоноповітряної суміші також запобігає розвитку мікрофлори на свіжозібраному зерновому матеріалі. Результативність дії озону на фітопатогенну мікрофлору, біохімічні процеси, агротехнічні показники та інші властивості залежить від обраного режиму обробки, а також від виду зерна. Концентрація озону 10 мг/м^3 і вище дозволяє зменшити інтенсивність дихання із самого початку процесу сушіння, чим перешкоджає розвитку процесу самозігрівання з подальшими позитивними ефектами: підвищенням збереження сухої речовини, настанням більш глибокого стану спокою при зберіганні.

Озоноповітряна суміш, яка використовується як сушильний агент, впливає на поверхневу мікрофлору не тільки завдяки зниженню вологості, але і завдяки знезаражувальній дії озону, яка обумовлена його концентрацією і температурним режимом сушіння. Використовуючи озонований сушильний агент з концентрацією озону $8\text{—}10 \text{ мг/м}^3$, можна досягти збереження і навіть покращення якісних показників матеріалу, що обробляється. При цьому кількісний показник фітопатогенної мікрофлори зменшується порівняно з тепловою обробкою у 2,2 рази. Також зменшується кількість пліснявих грибків і бактерій залежно від концентрації озону та початкової зараженості. Плісняві гриби при концентрації 10 мг/м^3 зникають на початку сушіння продуктів.

Слід зазначити, що при озоноповітряному сушінні продуктів некротичні зміни у рослинному матеріалі практично відсутні. Після закінчення сушіння вже через $3\text{—}18$ годин відновлюються клітинні мембрани і пошкоджений покривний шар. Продукція, яка оброблена при концентраціях до 40 мг/м^3 , не втрачає свою біологічну цінність. Вживання цієї продукції людиною не викликає в її організмі гістологічних і морфологічних змін.

Ефект вібраційного впливу та дії озону на зернову сировину при сушінні очевидний, тому необхідно створювати й впроваджувати у виробництво

сушарки, робота яких була б заснована на вищевказаних особливостях. У лабораторії кафедри процесів та обладнання переробних і харчових виробництв імені проф. П.С. Берника Вінницького національного аграрного університету розроблена віброозонуюча сушарка з перемішувачами лопатями і маятниковими механізмами вільного ходу (рис. 1). Сушарка складається із сушильної камери 1 U-подібної форми з перфорованим днищем 26, яка встановлена на пружинах 2 і оснащена віброзбуджувачем 3 та газорозподільною решіткою, що виконана як пустотілий циліндр 4 з перфорованою боковою поверхнею, який розміщений по осі сушильної камери 1 і на якому розміщені чотири лопаті-перемішувачі 10—13 з еластичними скребками 14—17. При цьому перша і друга лопаті-перемішувачі 10, 11 зі скребками 14, 15 встановлені з можливістю рухомого контакту з поверхнею перфорованого днища 26 сушильної камери 1, а третя та четверта лопаті-перемішувачі 12, 13 зі скребками 16, 17 встановлені з можливістю рухомого контакту з перфорованою поверхнею пустотілого циліндра 4, який з однієї сторони з'єднаний із системою подачі-відбору сушильного агента 20. Крім того, лопаті-перемішувачі 10—13 з еластичними скребками 14—17 нерухомо з'єднані з корпусами 6, 7 підшипників 8, 9, які з'єднані з втулкою 21, що з'єднується з маятниковими механізмами 22 з маятниками 23 і 24, які розміщені зовні сушильної камери 1, які через пружини 25 з'єднуються між собою та камерою 1. Позицією 5 позначена зернова сировина, що піддається сушінню. Нижня частина сушильної камери встановлена всередині дифузора 27, який через пружне еластичне з'єднання 28 сполучений із системою подачі-відбору сушильного агента 20. Сушильна камера 1, що ущільнена пружними вставками 29, 30, у верхній частині має завантажувальний отвір 32, а на рівні днища розташований розвантажувальний лоток 33.

Віброозонуюча сушарка з перемішувачами лопатями і маятниковими механізмами вільного ходу працює таким чином: від віброзбуджувача 3, що обертається з кутовою швидкістю ω_v , передаються кругові коливання в вертикальній площині U-подібній камері 1, в торцевих стінках якої встановлені підпружинені маятники 24. Гармонійні коливання, що генеруються приводом, кінематично збуджують крутильні коливання маятників 24. Власні частоти коливань маятників із вантажами необхідно вибрати приблизно рівними частоті коливань камери, але вони не повинні дорівнювати одна одній для створення їх протифазних коливань. Через пружини, які з'єднують маятники, крутильні коливання передаються від маятників 24 до маятників 23. Останні через зовнішні обойми механізмів вільного ходу з'єднані з втулкою 21, яка, у свою чергу, з'єднана з корпусами 6, 7 підшипників 8, 9, що нерухомо з'єднані з лопатями-перемішувачами. Крутильні коливання маятників 23 перетворюються в обертовий рух лопатів-перемішувачів 10—13. Завдяки пружним вставкам 29 між втулкою та камерою коливання камери на пустотілий циліндр не передаються, тому на механізми вільного ходу не впливають коливання і заклинювання роликів відбувається своєчасно. Варіюючи величинами мас вантажів m_1 і m_2 та жорсткостями пружин c_1 і c_2 у широких межах здійснюється регулювання величин крутного моменту і кутової швид-

кості обертання лопатів-перемішувачів. Крім того, через з'єднувальну пружину із жорсткістю c_2 не передається вібрація, а тільки пружні деформації.

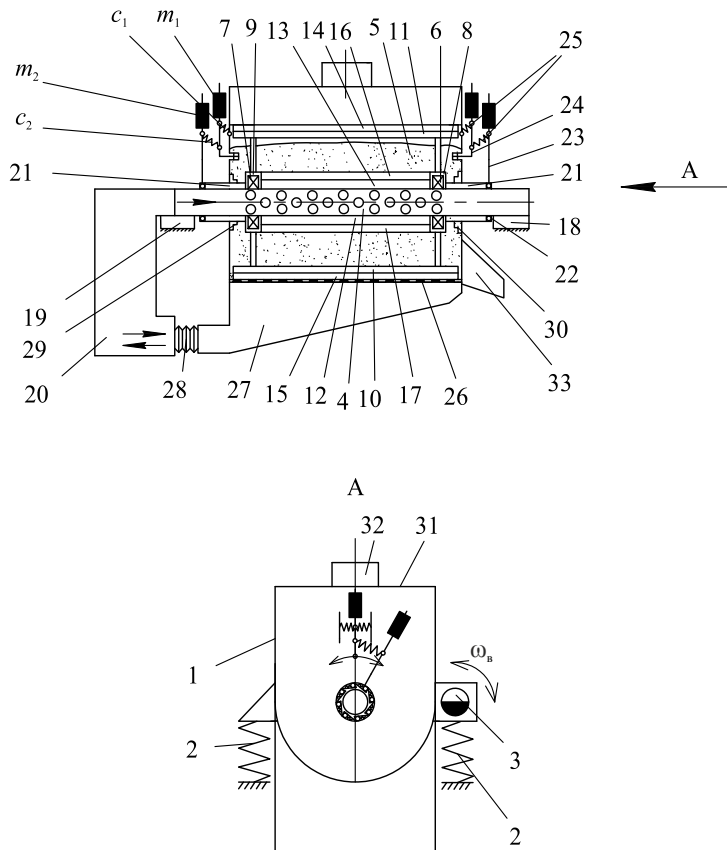


Рис. 1. Віброозонуюча сушарка з перемішувачими лопатями і маятниковими механізмами вільного ходу: 1 — камера U-подібної форми; 2 — пружини; 3 — вібробудувач; 4 — газорозподільна решітка; 5 — зернова сировина; 6, 7 — корпуси підшипників; 8, 9 — підшипники; 10—13 — лопаті-перемішувачі; 14-17 — еластичні скребки; 18, 19 — опори; 20 — система подачі-відбору сушильного агента; 21 — втулка; 22 — маятникові механізми; 23, 24 — маятники; 25 — пружини; 26 — перфороване днище; 27 — дифузор; 28 — еластичне з'єднання; 29, 30 — пружні вставки; 32 — завантажувальний отвір; 33 — розвантажувальний лоток

Представлена схема сушарки надасть можливість забезпечити узгоджений вплив інтенсифікуючих і рушійних факторів не тільки на вільну, а й на зв'язану вологу, що знаходиться у зерні. Це призведе до зменшення енерговитрат, часу обробки та зараженості зернової сировини грибками і бактеріями за рахунок використання озоноповітряної суміші як сушильного агента, забезпечить рівномірну обробку зерна за рахунок постійного оновлення його поверхні завдяки механічним коливанням. Виконання привода перемішувачих лопатів у вигляді маятників з механізмами вільного ходу не потребуватиме використання енергії та додаткових приводних елементів для їх обертання.

Висновки

У час постійного здорожчання енергоносіїв і суворого дотримання вимог до якості сільськогосподарської продукції все гостріше постає питання зменшення витрат, строків і підвищення кондиційних властивостей зерна у період проведення його післязбиральної обробки. У запропонованій енерго-ефективній схемі віброозонуючої сушарки з перемішувачами лопатями і маятниковими механізмами вільного ходу досягається рівномірність обробки зерна сушильним агентом, що забезпечує отримання продукції високої якості, а використання озоноповітряної суміші як сушильного агента інтенсифікує процес сушіння зернової сировини та знижує енерговитрати і тривалість його виконання. Оригінальним є привод перемішувачів лопатей, який не потребує використання електричної енергії і додаткових приводних механізмів.

Література

1. Данилов Д.Ю. Повышение эффективности сушки зерна: основные технологические приемы и направления / Д.Ю. Данилов, А.Ю. Рындин // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета, Княгинино. — 2015. — № 8/51. — С. 26—29.
2. Обработка зерна с использованием озонатора // Комбикормовая промышленность. — 1997. — № 2. — 28 с.
3. Троцкая Т.П. Сушка зерна с помощью озонозвоздушной смеси / Т.П. Троцкая // Механизация и электрификация сел. хоз-ва. — 1985. — № 1. — С. 34—37.
4. Глущенко Н.Ф. Использование электроактивированного воздуха (ЭАВ) для сушки биологических объектов / Н.Ф. Глущенко, Н.А. Глущенко // Электронная обработка материалов. — 1987. — № 3. — С. 44—48.
5. Цуркан О.В. Особенности процесса и оборудования для сушки зернового сырья с использованием озона / О.В. Цуркан, Д.В. Присяжнюк, О.О. Герасимов, А.С. Коломиец // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. — 2016. — Vol. 18, # 4. — С. 37—44.
6. Ксенз Н.В. Повышение качества зерна на основе использования озонозвоздушных смесей / Н.В. Ксенз, К.Х. Попандопуло, И.Г. Сидорцов // Вестник аграрной науки Дона, Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, Зерноград. — 2009. — № 4. — С. 64—72.

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВИБРООЗОНИРУЮЩЕЙ СУШКИ ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

И.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Д.В. Присяжнюк, Ю.А. Полевода
Винницкий национальный аграрный университет

В статье описаны существующие способы удаления лишней влаги из зерна и проведен их анализ. Обоснована необходимость комплексного использования интенсифицирующих и движущих факторов для удаления влаги, в частности применение озонированного воздуха и механических колебаний. Представлена схема разработанной сушки, которая обеспечит реализацию поставленных задач.

Ключевые слова: *сушка, послеуборочная обработка, озонозвоздушная смесь, механические колебания, виброозонирующая сушка.*