

ПРИСЯЖНИК Д. В.

<https://orcid.org/0000-0002-6369-5781>e-mail: m09049@meta.uaВідокремлений структурний підрозділ «Ладизинський фаховий коледж
Вінницького національного аграрного університету»

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗИ ОБРОБКИ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ ОЗОНОПОВІТРЯНОЮ СУМІШШЮ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ СУШІННІ

В роботі наведено методику визначення дози обробки зернової сировини при сушінні озоноповітряною сумішшю з використанням розробленого віброозонуючого комплексу, який забезпечуватиме високоякісне виконання технологічного процесу із одночасним зниженням споживаних енерговитрат.

Ключові слова: зернова сировина, післязбиральна обробка, сушіння, вібрація, озон, віброозонуючий комплекс, доза обробки.

DMYTRO PRYSIAZHNIUK

Separated structural unit «Ladyzhyn Professional College of Vinnytsia National Agrarian University»

DETERMINATION OF THE DOSE OF PROCESSING GRAIN RAW MATERIALS WITH OZONE-AIR MIXTURE DURING VIBRATION DRYING

Increasing grain production and the preparation of the required amount of seed place new demands on the machinery and technology used for post-harvest treatment and, in particular, the drying of crops.

As classical thermal methods of grain drying are very energy-intensive, the possibility of their effective application is limited by the properties of the dried material. The dryers used are physically and morally obsolete and do not meet modern energy saving requirements. Therefore, it is necessary to carry out intensive steps to develop and implement in the production of modern high-performance methods of grain drying and drying equipment designs.

Promising ways to improve the quality of grain material and reduce energy consumption in the technological operation of drying is the use of vibration, ensuring uniform processing of grain material by constantly updating the surface of the grain in contact with the drying agent and the introduction of ozone drying.

To implement high-quality drying of grain raw materials, an experimental model of a vibro-ozone complex was designed and manufactured, in which the processed material is subjected to vibration, which increases and renews the heat transfer surface. As a result, there is an intensive removal of moisture, increasing the drying rate. The drying process is moderate throughout the layer, without causing local overheating of the material.

When drying grain raw materials in the vibro-ozone complex, in order to optimize the implementation of this technological process, it is necessary to establish one of the important parameters, namely the dose of treatment with ozone-air mixture.

The method of determining the dose of processing of grain raw materials during drying with ozone-air mixture using the developed vibro-ozone complex, providing high-quality implementation of the technological process while reducing energy consumption.

Keywords: grain raw materials, post-harvest treatment, drying, vibration, ozone, vibro-ozone complex, treatment dose.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Зростаючі обсяги виробництва зернової сировини та підготовка необхідної кількості посівного матеріалу ставлять нові вимоги до техніки і технологій, що використовуються для післязбиральної обробки і, зокрема, сушіння сільськогосподарських культур.

Існуючі зерносушарки працюють неефективно, вони громіздкі, метало- та енергоємні, складні в обслуговуванні та ремонті і мають високу вартість.

Суттєво інтенсифікувати процес сушіння зернової сировини можна шляхом використання вібраційних технологій та обладнання у поєднанні із введенням до складу сушильного агента озону.

Однак, з огляду на складність проблеми, яка пов'язана із багатьма факторами, в тому числі, відсутністю методики визначення дози обробки зернової сировини озоноповітряною сумішшю, обґрунтована гіпотеза механізму сушіння зерна в озоноповітряному середовищі досі не розроблена, і даний спосіб сушіння не отримав широкого практичного застосування.

Аналіз досліджень та публікацій

У зв'язку із значними недоліками існуючих традиційних засобів і способів сушіння зернової сировини відбувається інтенсивний науковий пошук, присвячений розробці методів зниження енерговитрат при виконанні даного технологічного процесу. В роботі [1] одним з таких методів пропонується використання в якості сушильного агента озоноповітряної суміші.

У роботі [2] закладено основи енергозберігаючого сушіння зерна озоноповітряною сумішшю (електроактивованим сушильним агентом). Висунуто ряд гіпотез механізму впливу повітря з вмістом озону на процес сушіння і здійснена спроба теоретичного обґрунтування тепло- і масообмінних процесів в присутності озону, а також впровадження озоноповітряного сушіння в сільське господарство.

У роботі [3] визначений позитивний вплив обробки озоноповітряною сумішшю харчових продуктів, в тому числі і зернової сировини при подальшому зберіганні. Зазначено, що дана обробка здатна

інактивувати такі мікроорганізми, як віруси, бактерії, плісняви та дріжджі, за короткий час контакту. Таким чином, озон є «зеленою технологією» через зменшення накопичення неорганічних відходів у навколишньому середовищі. Крім того, швидке розкладання озону та відсутність токсичних залишків у продуктах харчування сприяє впровадженню та використанню цієї чистої та прийнятної для довкілля технології [3]. Застосування озону не лише покращує мікробіологічну безпеку харчових продуктів, але й продовжує термін їх зберігання без істотної зміни їх поживних, хімічних та фізичних властивостей.

В роботі [4] зазначено, що одним із перспективних методів підвищення швидкості сушіння є впровадження вібротехнологій. Вплив вібраційних коливань на шар матеріалу дає можливість його активного переміщення. Траєкторія, частота і амплітуда коливного руху визначають інтенсивність руху частинок матеріалу. Коливання сушильної камери забезпечує розрихлення шару матеріалу і створює умови, при яких більша частина його поверхні бере участь в теплообміні з теплоносієм [5].

Формулюванні цілей статті

Метою роботи є: визначення дози обробки зернової сировини озоноповітряною сумішшю при сушінні з використанням розробленого віброозонуючого комплексу.

Виклад основного матеріалу

Для реалізації високоякісного сушіння зернової сировини із одночасним зниженням споживаних енерговитрат було спроектовано та виготовлено дослідну модель віброозонуючого комплексу (рис. 1), в якому матеріал, що обробляється, піддається вібраційному впливу, який збільшує і оновлює поверхню теплообміну [6]. В результаті цього відбувається інтенсивне зняття вологи, збільшується швидкість сушіння. Процес сушіння відбувається рівномірно по всьому шару, не викликаючи місцевий перегрів матеріалу.

В якості сушильного агента використовується суміш підігрітого повітря та озону певної концентрації, який генерується з допомогою коронного розряду у електронному пристрої синтезу озону (рис. 2).

Віброозонуючий комплекс являє собою герметичну U-подібну камеру, встановлену на рамі з допомогою пружин. Камера містить завантажувальний і розвантажувальний лотки, а також повітропровід для виведення відпрацьованого сушильного агента. Збоку камери розміщений вал з двома дебалансами, який через еластичну муфту з допомогою трифазного електродвигуна приводиться в обертний рух.

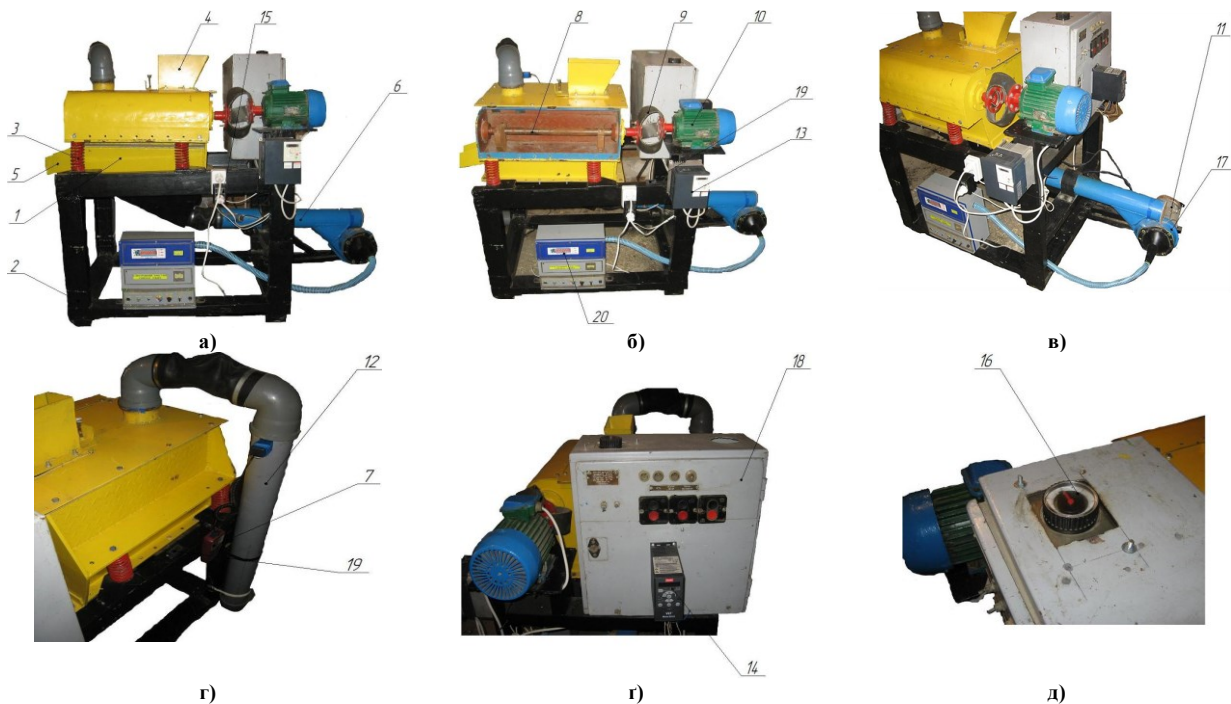


Рис. 1. Дослідна модель віброозонуючого комплексу: а), б) вигляд спереду; в), г) вигляд збоку; д) вигляд зверху; 1 – U-подібна камера; 2 – рама; 3 – пружини; 4, 5 – завантажувальний і розвантажувальний лотки; 6, 12 – відповідно вхідний та вихідний повітропроводи; 7 – термоанемометр; 8 – дебалансний вал; 9 – еластична муфта; 10 – електродвигун привода дебалансного вала; 11 – електродвигун привода вентилятора; 13, 14 – частотні перетворювачі; 15 – терморегулятор; 16 – реле часу; 17 – вентилятор; 18 – блок керування; 19 – вологоміри; 20 – електронний пристрій синтезу озону



Рис. 2. Електронний пристрій синтезу озону: а) загальний вигляд; б) робоча камера синтезу озону

В нижній частині камери є повітропровід з електричними нагрівальними елементами, через який надходить підігріте повітря і озон, що генерується озонатором, і подається вентилятором з допомогою електродвигуна.

Принцип роботи комплексу полягає в тому, що сушильний агент, який складається з підігрітого повітря та озону певної концентрації, подається за допомогою вентилятора, закріпленого на рамі, в U-подібну герметичну камеру, в якій знаходиться зернова сировина. Одночасно вмикається електропривод дебалансного валу. Сушильний агент, проходячи через шар зерна та знімаючи певний відсоток вологи, поступає у вихідний повітропровід, через який видаляється із сушильної камери.

При сушінні зернової сировини у віброозонуючому комплексі з метою оптимізації виконання даного технологічного процесу необхідно встановити один із важливих параметрів, а саме дозу обробки озоноповітряною сумішшю. Хімічний склад зерна різноманітних сільськогосподарських культур відрізняється незначно. З цього слідує, що вплив обробки озonom для різноманітних культур повинен описуватися певними загальними параметрами та підпорядковуватися загальним закономірностям [7].

Визначаємо ефективну дозу озону для обробки 1 кг зерна:

$$D = CV_y, \tag{1}$$

$$D = \frac{CVt}{m}, \tag{2}$$

де C – концентрація озону в озоноповітряній суміші, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Визначимо питому кількість озоноповітряної суміші на 1 кг зерна:

$$V_y = \frac{Vt}{m}, \tag{3}$$

де V – кількість повітря, що подається, $\text{м}^3/\text{с}$;

t – час обробки с;

m – маса зерна, що обробляється, кг.

Доза обробки озоноповітряною сумішшю 1 кг зерна кукурудзи становить $\approx 0,06 \text{ м}^3$; пшениці – $\approx 0,045 \text{ м}^3$, при цьому доза обробки на 1 кг зерна кукурудзи складає 1,91 мг озону; пшениці – 1,44 мг озону.

Розглядаючи насіння кукурудзи та пшениці, потрібно відзначити, що середній діаметр зернин відповідно $D_1 = 7 \text{ мм}$ та $D_2 = 3 \text{ мм}$, при чому висота зернини пшениці $h = 5 \text{ мм}$, середня маса тисячі насінин кукурудзи $m_1 = 300 \text{ гр}$, пшениці – $m_2 = 45 \text{ гр}$.

Визначаємо приблизну площу поверхні зернини кукурудзи, як площу сфери:

$$S_1 = 4\pi R_1^2, \tag{4}$$

де R_1 – радіус сфери приблизної зернини кукурудзи, мм.

Визначаємо приблизну площу поверхні зернини пшениці, яка контактує з озоноповітряною сумішшю, як площу циліндра:

$$S_2 = \pi R_2^2 h, \tag{5}$$

де R_2 – радіус циліндра приблизної зернини пшениці, мм;

h – висота циліндра, мм.

Тоді, площа поверхні тисячі насінин кукурудзи та пшениці $S_1 = 153,86 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ та $S_2 = 35,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ відповідно.

Введемо показник Δh , що визначає відношення маси m насінини до площі його поверхні S :

$$\Delta h = \frac{m}{S}. \tag{6}$$

З цього випливає, що для кукурудзи $\Delta h_1 = 1,95 \text{ кг}/\text{м}^2$, а для пшениці $\Delta h_2 = 1,27 \text{ кг}/\text{м}^2$. Таким чином, на один квадратний метр поверхні зерна кукурудзи припадає 1,95 кг маси зерна, а на одиницю поверхні зерна пшениці дещо менше, тобто через одну і ту ж площу поверхні необхідно обробляти різну масу біологічного матеріалу.

Судячи з усього, відношення показників Δh та доз обробок D , для різних культур повинно бути пропорційним:

$$\delta = \frac{D_1}{D_2} \approx \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \frac{m_1 R_2^2}{m_2 R_1^2}, \quad (7)$$

де m – маса тисячі насінин;
 R – радіус насінини.

Для розглянутих культур співвідношення склало 1,53, оскільки пропорційність зберігається, то можна припустити, що для різних сільськогосподарських культур існує коефіцієнт g , що залежить від Δh та визначає ефективну дозу обробки.

$$g = \frac{\Delta h_0}{\Delta h_x}. \quad (8)$$

Впровадивши єдиний показник Δh_0 рівний $1,0 \text{ кг/м}^2$, визначимо для нього питому дозу обробки $D_0 = 1,27 \text{ мг/кг}$.

Відповідно, для обробки насіння сільськогосподарських культур:

$$D_x = gD_0 = \frac{\Delta h_0}{\Delta h_x} D_0. \quad (9)$$

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Хімічний склад зерна різноманітних сільськогосподарських культур відрізняється незначно. З цього слідує, що вплив обробки озоном для різноманітних культур описується загальними параметрами та підпорядковуватися загальним закономірностям.

Отримані залежності дають змогу визначити дозу обробки озонופовітряною сумішшю зернової сировини, яка, наприклад, для 1 кг зерна кукурудзи становить $\approx 0,06 \text{ м}^3$; пшениці – $\approx 0,045 \text{ м}^3$, при цьому доза обробки на 1 кг зерна кукурудзи складає 1,91 мг озону; пшениці – 1,44 мг озону.

Ефективна доза обробки озонופовітряною сумішшю різної зернової сировини залежатиме від її морфологічних особливостей, а саме, від геометричних розмірів самих зернин.

Література

1. Ксенз Н.В., Попандопуло К.Х., Б.Н. Сорокин и др. Энергосберегающая технология сушки зерна. Механизация и электрификация животноводства, растениеводства. 2010. № 2. С. 12-16.
2. Троцкая Т.П. Сушка зерна с помощью озоноздушнoй смеси. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1985. № 1. С. 36-39.
3. Буряк Л.Ч., Сапач А.Н. Озоновая технология как способ сохранения пищевых продуктов. Вопросы развития современной науки и техники. 2021. С. 42-77.
4. Цуркан О.В., Присяжнюк Д.В., Герасимов А.А. Особенности процесса и оборудования для сушки зернового сырья с использованием озона. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol. 18. № 4. С. 37-45.
5. Bandura V., Kalinichenko R., Kotov B. and oth. Theoretical rationale and identification of heat and mass transfer processes in vibration dryers with ir-energy supply. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 4/8 (94). С. 50-58.
6. Цуркан О.В., Пришляк В.М., Присяжнюк Д.В. Інтенсифікація сушіння зерна у процесі його післязбиральної обробки. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. № 2 (97). С. 99-104.
7. Нормов Д.О. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02. Краснодар, 2009. 307 с.

References

1. Ksenz N.V., Popandopulo K.H., B.N. Sorokin i dr. Energosberegayushaya tehnologiya sushki zerna. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya zhivotnovodstva, rastenievodstva. 2010. № 2. S. 12-16.
2. Trockaya T.P. Sushka zerna s pomoshyu ozonovozdushnoj smesi. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyajstva. 1985. № 1. S. 36-39.
3. Buryak L.Ch., Sapach A.N. Ozonovaya tehnologiya kak sposob sohraneniya pishevyyh produktov. Voprosy razvitiya sovremennoj nauki i tehniki. 2021. S. 42-77.
4. Tsurkan O.V., Prysiazhniuk D.V., Herasymov A.A. Osobennosti protsessu y oborudovaniya dlia sushky zernovoho syrya s ispolzovaniem ozona. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol. 18. № 4. S. 37-45.
5. Bandura V., Kalinichenko R., Kotov B. and oth. Theoretical rationale and identification of heat and mass transfer processes in vibration dryers with ir-energy supply. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 4/8 (94). С. 50-58.
6. Tsurkan O.V., Pryshliak V.M., Prysiazhniuk D.V. Intensyfikatsiia sushinnia zerna u protsesi yoho pisliazbyralnoi obrobky. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. 2017. № 2 (97). S. 99-104.
7. Normov D.O. Elektroozonnye tehnologii v semenovodstve i pchelovodstve: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.20.02. Krasnodar, 2009. 307 s.