

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЗЕРНОСХОВИЩІ В ПЕРІОД ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Кюрчев С. В., д.т.н.,

ORCID: 0000-0001-6512-8118

Паламарчук І. П., д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0441-6586

Верхоланцева В. О., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Кюрчева Л. М., к.с-г.н.,

ORCID: 0000-0002-8225-3399

Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

Тел. (0619) 42-13-06

Постановка проблеми. Найважливішим завданням зернопереробної промисловості є розробка системи заходів по скороченню кількісних і якісних втрат зерна при його зберіганні. На жаль є питання, які потребують дослідження та визначення необхідних підходів для збереження зерна.

З метою приведення зерна в стійкий для зберігання стан, забезпечення кількісно-якісного збереження і безпеки зерна, застосовують різні технологічні прийоми, серед яких найбільш ефективним є охолодження зерна. Завдання його полягає, перш за все, у зниженні вологості зерна до рівня нижче критичної, при якій фізіологічні процеси сповільнюються, а зернова маса перебуває в анабіотичних стані[1, 2, 3, 7, 9, 13].

Охолодження харчових продуктів з подальшим зберіганням при відповідних низьких температурах - один з найкращих методів запобігання або уповільнення пошкодження продукту, що забезпечує найбільш повне зберігання їх первісних природних властивостей. Внаслідок цього призупиняється життєздатність мікроорганізмів та патогенної життєздатності мікрофлори, а також знижується швидкість хімічних та біохімічних процесів, що відбуваються в продукті під впливом власних ферментів, кисню, повітря, тепла і світла.

Відсутність пріоритетності зерна і насіння для ринкової сфери на підприємствах хлібопродуктів веде, як правило, до невиправданих втрат продукції, додаткових інвестицій та, в кінцевому рахунку, до зниження продовольчої безпеки України.

Аналіз останніх досліджень. Удосконалення технології і техніки післязбиральної обробки зерна обґрунтовано розвитком сучасної науки про зберігання зерна, визначальний внесок в яку внесли вчені: Агрономов Є. О., Демьяненко М. П., Казаков Є. Д., Клеєв І. О., Козьміна Н. П., Макаров В. В., Сергунов В. С., Некрасов Б.П.,

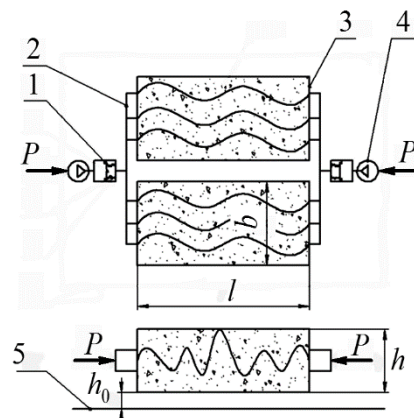
Трисвятський Л. О., Уколова В. С., Чурсінова Ю.О., Станкевича Г.М., Лукіна Г. Д., Кирпа М. Я. та інші[5,8,13,14,15].

Разом з тим, технічний рівень більшості зерносховищ і систем активного вентилявання ще не в повній мірі відповідає сучасним вимогам. Поряд з цим, зниження інтенсивності надходження зерна в господарство і введення його товарної класифікації визначило необхідність вдосконалення технології післязбиральної обробки, в тому числі для різних за обсягом і якістю партій зерна.

Тому необхідно продовжувати дослідження в напрямку розробки вдосконалення зерносховища та технології післязбиральної обробки зерна.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної статті є дослідження процесу охолодження та вдосконалення зерносховища.

Основна частина. Пропонуємо у зерносховище застосовувати додаткове пневмоімпульсний зворушувач зернової маси запропонованої конструкції за рахунок встановлення між вентиляторами та колекторами імпульсних пневмогенераторів і відмови від пруткового механічного зворушувача, як у прототипі, дозволяє спростити конструкцію та зменшити енерговитрати. Опозитне розташування вентиляторів з імпульсними пневмогенераторами з протилежних боків піддонів, дозволяє завдяки суперпозиції зустрічних хвиль створити стоячу хвилю, яка має змогу передавати енергію у поперечному напрямі відносно спеціальних вузлових точок, що розташовуються на осевій лінії розповсюдження хвилі [1, 3, 4, 14].



1 – імпульсний пневмогенератор; 2 – колектори; 3 – піддони; 4 – вентилятори; 5 – підлога.

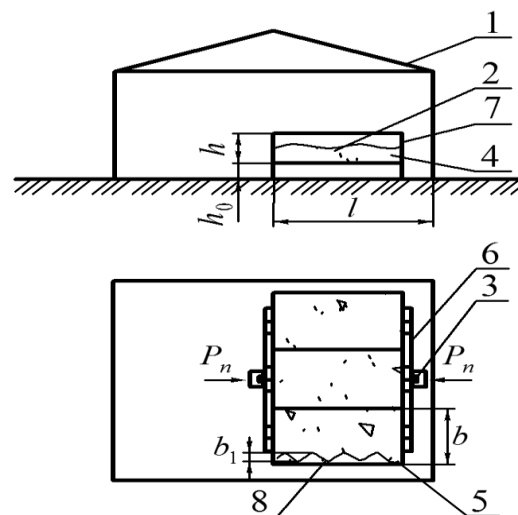
Рис. 1. Пневмоімпульсний зворушувач зернової маси.

Така специфіка імпульсної пневмодинамічної дії дозволяє підвищити ефективність процесу ворошіння зернової маси як у повздовжньому, так і у поперечному напрямках. Розміщення зернової

продукції на піддонах, встановлених на певній відстані від підлоги, значно зменшує зволоження нижніх шарів зернової маси.

Зернова продукція розміщується на піддонах 3, встановлених на певній відстані від підлоги 5. Після включення вентиляторів 4, розмішених опозитно з протилежних боків піддонів 3, імпульсні пневмогенератори 1 встановлені між вентиляторами 4 та колекторами 2 починають генерувати, змінні за тиском, імпульси потоку повітря. Утворений імпульс потоку повітря формує пневмодинамічну хвилю у дисперсному середовищі зернової маси на піддонах 3 за осьовим напрямком, а опозитне розташування вентиляторів 4 з імпульсними пневмогенераторами 1 з протилежних боків піддонів 3, дозволяє завдяки суперпозиції зустрічних хвиль створити стоячу хвилю, яка має змогу передавати енергію у поперечному напрямі відносно спеціальних вузлових точок, що розташовуються на осьовій лінії розповсюдження стоячої хвилі. Утворення стоячої хвилі дозволяє за порівняно низьких енерговитрат, значно інтенсифікувати контактну взаємодію потоку повітря всередині зернової маси. Така специфіка імпульсної пневмодинамічної дії дозволяє підвищити ефективність процесу ворошіння зернової маси як у повздовжньому, так і у поперечному напрямках по всій площі піддону і відмовитись від додаткових механічних зворушувачів. Далі цикл повторюється.

Нами було запропоновано зерносховище із застосуванням пневмоімпульсного зворушувача зерна для дослідження процесу охолодження пшениці з використанням різних режимів зберігання та встановлення показників якості пшениці, що зберігається (рис.2).



1 – зерносховище; 2 – піддон з продукцією; 3 – імпульсний пневмогенератор (барботер); 4 – зернова маса; 5 – оброблений шар продукції; 6 – колектор; 7 – стійка; 8 – робоча пневмодинамічна хвиля.

Рис. 2. Схема розташування піддонів з продукцією при зберіганні.

Розрахунок технологічних характеристик проектованого процесу барботування проводимо, виходячи із можливості здолання опору зернової маси, що зберігається енергією імпульсної пневмодинамічної дії. Теоретично визначені параметри біжучої хвилі достатньо адекватно відповідають імпульсному пневмодинамічному генераторові Буча – К, для якого енергія хвилі складає 2 КДж при енерговитратах порядку 1,2...1,5 кВт.

Шукані технологічні параметри мають дозволити здійснити прогнозоване координатне розміщення джерел пневматичних потоків по площині та висоті ємкостей для розміщення продукції, їх кількість та можливість забезпечення ефективного зворушення у заданих масивах сипкої маси.

При розміщенні зернової маси об'єм продукції на одному піддоні складає:

$$V_1 = h_n \cdot l \cdot b = 1,8 \cdot 5 \cdot 3 = 27 \text{ м}^3, \quad (1)$$

де $m_{np} = V_1 \cdot \rho_{np} \cdot n_n = 27 \cdot 760 \cdot 10 = 205200$ кг – маса продукції, що можливо розмістити у піддонах; l та b – відповідно довжина та ширина експериментального піддона, м; h_n – висота шару продукції у піддоні, м; приймаємо $l = 5$ м, $b = 3$ м, $h_n = 1,8$ м; ρ_{np} – щільність продукції, кг/м³; n_n – кількість піддонів.

Необхідну кількість імпульсних пневмодинамічних генераторів або барботерів для ефективного зворушення сипкої маси у піддонах визначали з розрахунку відповідного опору технологічного зернового середовища при розповсюдженні у ньому динамічних хвиль повітряного потоку за наступною формулою [5, 6, 7, 15]:

$$P_{об} = k_{acn} \cdot \frac{h_{np}}{d_{екв}} \cdot \frac{6 \cdot k_\rho \cdot k_\varphi}{(1 - k_\rho)} \cdot \rho \frac{v_n^2}{2}, \quad (2)$$

$k_{acn} = 0,184 \dots 0,265$ – для турбулентного потоку:

$k_{acn} = 0,21$ – аеродинамічний коефіцієнт у процесі аспірації.

$k_{acn} = \frac{k_1}{R_e} + \frac{k_2}{R_e^n}$ для турбулентного потоку: $k_1 = 9$; $k_2 = 1$; $n = 0,16$

[5, 6, 12];

$d_{екв} = 6,0$ → приймаємо за розміром зернини, мм – еквівалентний діаметр зернівки;

$k_\rho = \frac{\rho_3}{\rho_n} = \frac{1330}{760} = 1,75$ – коефіцієнт щільність продуктової маси;

$\rho_3 = 1,2 \dots 1,5 \text{ т/м}^3$ → $\rho_3 = 1330 \text{ кг/м}^3$ – щільність зернової маси для пшениці;

$\rho_n = 730...850 \text{ т/м}^3 \rightarrow \rho_3 = 760 \text{ кг/м}^3$ – насипна щільність продукції для пшениці;

$k_\phi = 0,52$ – коефіцієнт форми для пшениці;

$\rho = 1,2255 \text{ кг/м}^3$ – щільність повітря;

$v = 8,9 - 11,5 \text{ м/с} \rightarrow v = 100 \text{ м/с}$ – швидкість переміщення імпульсів повітряного потоку.

У результаті шуканий опір, що складає сипке середовище повітряному потоку, становить:

$$P_{on} = 0,21 \cdot \frac{0,7}{6 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{6 \cdot 0,52}{(1-1,75)^3} \cdot 1,2255 \cdot \frac{10^2}{2} = 11,1 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2. \quad (3)$$

Робочий тиск у системі, що забезпечує пневмоімпульсний генератор становить:

$$P_p = 0,8...1,0 \text{ МПа} \rightarrow P_p = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2. \quad (4)$$

Тоді кількість повітряних потоків, що може забезпечити один імпульсний пневмогенератор визначається як:

$$n_n = \frac{P_p}{P_{on}} = \frac{0,9 \cdot 10^6}{11,1 \cdot 10^3} = \frac{900}{11,1} = 81 \text{ потік}. \quad (5)$$

Таким чином, енергії хвилі двох опозитно розташованих пневмоімпульсних генераторів вистачає для здолання опору зернового середовища для однієї робочої ємкості, що достатньо для забезпечення у ній ефективного зворушення сипкої маси потоком холодоносія.

Висновки. Одним з ефективних способів, як з точки зору інтенсифікації самого процесу зберігання зерна, так і збереження якісних характеристик оброблюваної продукції, є активний спосіб зберігання продукту за допомогою вентилявання сировини з пониженою температурою холодоагента.

Приведено розрахунок технологічних характеристик проектного процесу барботування. Отримані дані дозволяють зрозуміти необхідну висоту насипу, робочий тиск у системі $P_p = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$; кількість потоків (81 потік) на усіх подонах, тобто надає чітку інформацію для реалізації даної конструкції у зерносховищі. Отже, це все доводить доцільність використання даного обладнання для зерносховища, яке у свою чергу дозволить отримати найкращий результат зернової маси після зберігання.

Література:

1. Кюрчев С. В. Конструктивні особливості зерносховища із застосуванням охолодження. *Науковий вісник Національного*

університету біоресурсів і природокористування України. Київ, 2018. Вип. 298. С. 105 - 110.

2. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О. Визначення важливого фактора якості пшениці у процесі зберігання із застосуванням охолодження. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: зб. наук. праць*. Мелітополь, 2018. Вип. 18, т. 1. С. 20 - 28

3. Prokopova O., Liaska O., Verkholantseva V. Peculiarities Of The Competitive Specialists Training In Agricultural Higher Education Institutions: Social And Humanitarian Dimensions. *Scientific Achievements In Enviromental And Life Science : Scientific Monograph*. Kraków: Traicon SC, 2018. Vol. II. p. 141.

4. Optimization of the parameters for the process of grain cooling / I. Palamarchuk, S. Kiurchev, V. Verkholantseva [et al.]. *ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII: V Jubileuszowa Międzynarodowa Konferencja* (20 – 22 червня 2018., м. Кринниця). Кринниця, 2018. С. 91.

5. Геліоабсорбційний пристрій для охолодження й сушіння сільськогосподарських продуктів: пат. 129217 Україна: МПК51 F25/08 (2006.01). № 129217 ; заявл. 17.04.2018 ; опубл. 25.10.2018, Бюл. №20. 4 с.

6. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. А. Конструктивные особенности установки для сушки и охлаждения зерна активным вентилированием. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 5, т. 1. С. 108 - 113.

7. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О. Візуалізація конструкції зерносховища та процесу охолодження. *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 50-річчю заснування Харківського державного університету харчування та торгівлі (18 травня 2017 р., м. Харків)*. Харків, 2017. Ч. 1. С. 258 - 260.

8. Ялпачик В. Ф., Кюрчев С. В., Стручаєв М. І., Верхоланцева В. О. Дослідження процесу теплообміну при охолодженні шару зерна пшениці. *Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2015. Вип. 166. С. 50 - 56.

9. Скалецька Л. Ф., Духовська Т. М., Сеньков А. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : практикум. Київ : Вища школа, 1994. 288 с.

10. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: лабораторний практикум / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2017. 277 с.

11. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2017. 275 с.

12. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. А. Разработка рекомендации по хранению пшеницы в зернохранилище. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 17, т. 3. С. 166 - 173.

13. Трисвятский Л. А., Лесик Б. В., Курдина В. Н. Хранение и технология сельскохозйственных продуктов. Изд. 2 - е. Москва: Колос, 1975. 448с.

14. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А. С. Кобець, Ю. О. Чурсінов, С. А. Черних [та ін.]. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2014. 614 с.

15. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів : навч. посібник / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, О. Г. Скляр, С. В. Кюрчев [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2018. 293 с .

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЗЕРНОСХОВИЩІ В ПЕРІОД ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Кюрчев С. В., Паламарчук І. П., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М.

Анотація

Стаття присвячена розгляду проблеми зберігання зернової продукції із застосуванням нового обладнання для зерносховища. Запропонований імпульсний пневмодинамічний барботер забезпечує активне зворушення часток сипкого зернового середовища як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках за рахунок генерації зустрічних хвильових потоків охолодженого повітря без використання механічних робочих органів інтенсифікації процесу за достатньо простого та надійного конструкційного виконання. Дана принципова схема сховища для зберігання сільськогосподарської продукції, яка реалізує ідею комплексної технологічної обробки зернової маси за рахунок ефективного розподілу охолодженого потоку повітря, що проходить крізь сировину, регулюючи його газовий склад у міжзернових проміжках, температуру, вологість та інтенсивність фізико-мікробіологічних процесів в оброблюваній продукції.

Ключевые слова: зберігання, зерно, барботер, зерносховище, процес, зворушення, повітря, хвиля.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ В ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Кюрчев С. В., Паламарчук И. П., Верхоланцева В. А., Кюрчева Л. Н.

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению проблемы хранения зерновой продукции с применением нового оборудования для зернохранилища. Предложенный

импульсный пневмодинамичний барботер забезпечує активне волнення частиць сыпучого зернової середовища як в продольному, так і в поперечному напрямках за рахунок генерації зустрічних хвильових потоків охолодженого повітря без використання механічних робочих органів інтенсифікації процесу за достатньо простого і надійного конструктивного виконання. Дана принципова схема хранилища для зберігання сільськогосподарської продукції, реалізує ідею комплексної технологічної обробки зернової маси за рахунок ефективного розподілу охолодженого потоку повітря, що проходить через сировину, регулюючи його газовий склад в міжзернових проміжках, температуру, вологість і інтенсивність фізико-мікробіологічних процесів в оброблюваній продукції.

Ключевые слова: зберігання, зерно, барботер, зернохранилище, процес, волнення, повітря, хвиля.

USE OF THE COOLING PROCESS IN THE GRAIN STORAGE DURING THE PERIOD OF STORAGE OF GRAIN PRODUCTS

S. Kiurchev, I. Palamarchuk, V. Verkholyantseva, L. Kiurcheva

Summary

The article is devoted to the problem of storage of grain products with the use of new equipment for granaries. The proposed pulsed pneumodynamic bubbler provides active movement of bulk grain particles in both longitudinal and transverse directions by generating counter-wave flows of cooled air without the use of mechanical working bodies to intensify the process with a fairly simple and reliable design. The basic scheme of storage for storage of agricultural products is given, which realizes the idea of complex technological processing of grain mass due to effective distribution of the cooled stream of air passing through raw materials, regulating its gas composition in intergrain intervals, temperature, humidity and intensity of physical and microbiological processes.

The support surface of the pallet is made of metal, which is lined with sheet metal around the perimeter to increase the load-bearing capacity of the structure and the possibility of securing the pallet system on special support posts.

Grain products are supposed to be stored not on the floor in bulk, but at a certain distance from it to prevent unwanted moisture in the products. At the same time placement of grain is carried out in special pallets on the end walls of which the developed pneumopulse generators or bubblers are mounted opposite to each other. The products are located some distance from the floor, the distribution of air flows to the flowing medium is effected through a manifold that connects separately to each pallet, which are parallel to each other for ease of access and ability to form a standing wave.

As a result of the interaction of counterpropagating pneumatic waves and their superposition, standing waves are formed, which transfer kinetic energy both in the longitudinal and in the flows, which in turn touch the grain mass. Under such conditions of storage of the grain mass, the caking and activation of undesirable microbiological processes are practically excluded.

Key words: storage, grain, bubbler, granary, process, touch, air, wave.