

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОСУШАРКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОЖОЛОБА

Краснолуцький Петро Петрович

ORCID 0000-0003-2469-3190

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри тракторів,
автомобілів та енергетичних засобів Закладу вищої
освіти «Подільський державний університет»

Олексійко Сергій Леонідович

ORCID: 0000-0002-3092-6790

асистент кафедри тракторів, автомобілів та
енергетичних засобів Закладу вищої освіти
«Подільський державний університет»

Україна

Вітчизняною та зарубіжною промисловістю випускається широка гамма різноманітного високопродуктивного обладнання для післязбиральної обробки і зберігання зернових, однак ціна та рівень експлуатаційних витрат роблять його практично недосяжними для більшості фермерських господарств. Насамперед це стосується зерносушарок, застосування яких потребує великих капітальних та експлуатаційних витрат, ще й спеціально підготовленого персоналу. Проблема посилюється тим, що зберігання зерна безпосередньо в умовах господарств знову ж таки потребує його регулярного кондиціювання за вологістю. Тому створення малогабаритних зерносушарок продуктивністю 1-3 т/год., дешевих у виробництві та невибагливих в експлуатації, є актуальним.

Фундаментальні дослідження процесів сушіння зерна пов'язані з іменами академіків М.Ф. Казанського, А.В. Ликова, П.А. Ребиндера, А.С. та ін. Створення ефективного сушильного обладнання стало можливим завдяки науковим дослідженням, які були проведені О.С. Гінзбургом, П.Д. Лебедевим, Н.Б. Рашковскою, П.Г. Романковим, Г.К. Філоненко, В. Мальтрі та ін.

У багатьох працях вказується на доцільність застосування зерносушарок, що використовують ефект «киплячого шару» (тобто сушіння у потоці теплоносія, коли зернини перебувають у зваженому стані). Березовським Г.С., Левченко В.І., Сичуговим Н.П. та іншими вченими доведена також ефективність використання у складі зерносушильних комплексів транспортерів аерогравітаційного типу для охолодження та переміщення зернових матеріалів після шахтної чи барабанної зерносушарки [1]. Тоді ж з'ясувалось, що аерожолоб цілком придатний для деякого зменшення вологості зерна [2]. Однак можливості застосування аерожолобів безпосередньо для сушіння на сьогоднішній день вивчені недостатньо глибоко, що і зумовило актуальність даного дослідження.

Метою досліджень є розробка малогабаритного комплексу обладнання для сушіння зерна безпосередньо в сільськогосподарських підприємствах і фермерських господарствах, що дозволить істотно зменшити втрати при зберіганні. До складу комплексу обладнання входять аерожолоб, вентиляторна установка з продуктопроводами, зернові бункери і теплотехнічне обладнання. Нами обрано місткість комплексу обладнання $G_k = 100$ т очищеного зерна, що відповідає значенню з ряду преференційних чисел. Виходячи з цих даних, проведено розрахунок аерожолоба сушарки і пневмотранспортної системи. Це завдання розкладається на 4 окремих задачі:

- 1) розрахунок аерожолоба у режимі сушіння, коли влітку під час збирання врожаю необхідно у встановлені терміни довести вологість зерна до рекомендованої для зберігання (прийнято продуктивність до 5 т/год);
- 2) розрахунок аерожолоба у режимі кондиціювання зерна, коли взимку необхідно його періодично провітрювати і підтримувати вологу на рівні нормативної (орієнтовна продуктивність 5...10 т/год);
- 3) розрахунок аерожолоба як пневмотранспортера;
- 4) розрахунок пневмотранспортної системи для завантаження бункерів.

Провівши аналіз різноманітних технічних рішень, пропонуємо конструкцію зерносушарки на основі двох аерожолобів з можливістю подачі підігрітого повітря (рис. 1).

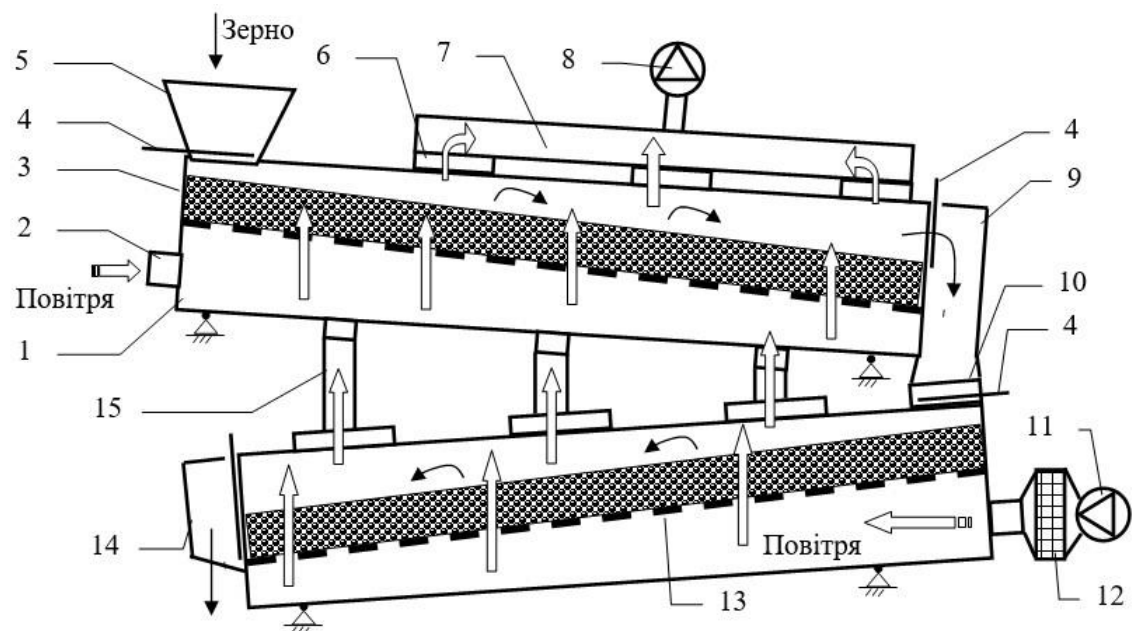


Рис. 1 Схема принципова зерносушарки-аерожолоба [авторська розробка]

1 – корпус нижній; 2 – канал повітряний впускний; 3 – корпус верхній; 4 – шибер; 5 – горловина завантажувальна; 6 – вікна повітряні з фільтрами; 7 – колектор; 8,11 – вентилятори; 9,14 – вікна випускні; 10 – перехід зерновий; 12 – теплообмінник; 13 – мембрана; 15 – канал повітряний перепускний.

Маючи всі переваги відомих технічних рішень зерносушарок з «киплячим шаром», а саме просту будову, економічність, екологічність [1], запропонована конструкція відрізняється від них насамперед тим, що агент сушки використовується двічі у різних зонах сушіння, що дозволить скоротити енерговитрати. Залежно від потреби, аерожолоби можна компоувати послідовно в одну лінію (одночасно із сушінням здійснюється транспортування на значну відстань) або паралельно (для збільшення продуктивності у разі порівняно невеликої початкової вологості зерна).

Зрозуміло, що при цьому постає ряд специфічних питань, пов'язаних з організацією «киплячого шару» зерна, його тепло-вологообміну з повітрям. У даному дослідженні застосована типова методика розрахунку аерогравітаційних транспортерів [1], а також відомі методики розрахунку зерносушарок [3,4], для чого складено відповідні алгоритм і програму розрахунку (рис. 2). Для прикладу наведемо результати розрахунку у випадку, коли зерно слід висушити від початкової вологості $\omega_1 = 20\%$ до нормативної вологості $\omega_2 = 14\%$ з продуктивністю по вологому зерну $G_1 = 5 \text{ т/год} = 1,39 \text{ кг/с}$.

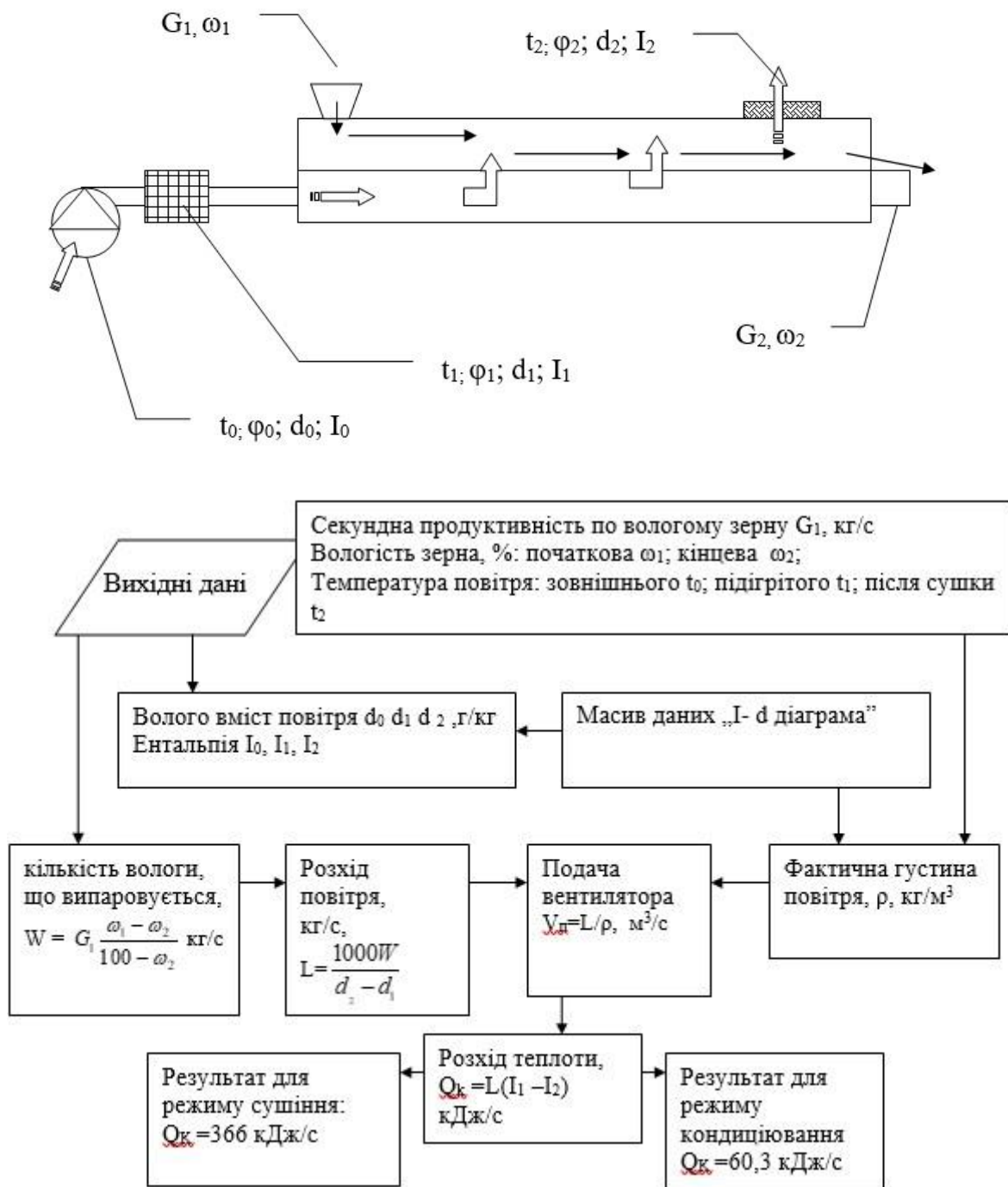


Рис. 2 Схема розрахунку та алгоритм розрахунку режимів сушіння [авторська розробка]

Параметри зовнішнього повітря прийняті такими: $t_0=20^\circ\text{C}$, $t_1=60^\circ\text{C}$, $\phi_0=40\%$, $\phi_2=90\%$. У такому разі для сушіння подача вентиляційної установки має становити $23760 \text{ м}^3/\text{год}$ ($6,6 \text{ м}^3/\text{с}$) при тепловій потужності нагрівача 370 кВт . При кондиціюванні маси, коли ставиться задача знизити вологість зерна з 16% до 14% , подача вентилятора має бути не менше $7,54 \text{ м}^3/\text{с}$ при тепловій потужності $Q_k = 60,3 \text{ кДж/с}$.

Для забезпечення продуктивності при підсушуванні зерна і транспортуванні з продуктивністю до 10 т/год довжина аерожолоба повинна бути $L=3650$ мм, а ширина 1,825 м. Для приведення зернової маси у псевдо розріджений стан аерожолоб слід укомплектувати вентилятором високого тиску ОТИ № 5. Вибір параметрів і режимів роботи установки при інших вихідних даних можна здійснити за допомогою розроблених нами номограм.

Зауважимо, що у будь-якій точці повітряного короба сталого перерізу звичайного аерожолобу повний тиск повітря дорівнює сумі статичного $p_{ст}$ та динамічного $p_{дин}$ тиску. Відтак вектор абсолютної швидкості повітря v_i можна розкласти на дві складових (рис. 3а), причому поперечна складова $v_{cm,i}$, ініційована тиском $p_{ст}$, визначає по суті швидкість фільтрації повітря крізь мембрану. Якщо у повітряному каналі немає ніяких додаткових поверхонь, що змінюють напрям руху і конфігурацію потоку, то при певній довжині каналу співвідношення між складовими вектора абсолютної швидкості та кут його нахилу α істотно змінюються, оскільки через шляхову витрату повітря і втрати на тертя $v_{дин2} < v_{дин1}$, а відтак за законом Бернуллі частина кінетичної енергії трансформується у потенційну при відповідному зростанні v_{cm2} і кута α . Це явище досить часто виникає у неправильно влаштованих вентиляційних каналах; при цьому порушується рівномірність роздавання повітря через випускні вікна, а на початку каналу взагалі може утворитись розрідження [5]. Для запобігання цього явища в аерожолобі днище його повітряного короба слід виготовити похилим, що стабілізуватиме швидкість і розхід повітря через мембрану (рис. 3б).

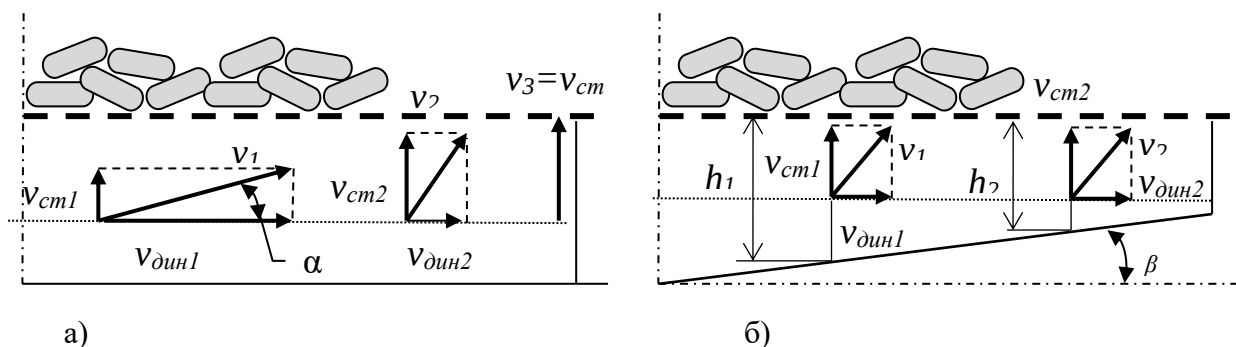


Рис. 2 Схема векторів швидкості повітря у коробі [авторська розробка]

а) сталого перерізу; б) з похилим днищем.

Користуючись основними законами аеродинаміки [5], після ряду перетворень нами одержано рівняння для визначення висоти короба h_i

$$h_i = \frac{Q - q \cdot L_i}{v_{CT} \cdot B}, \quad (1)$$

де Q – загальний розхід повітря, м³/с, який визначається з теплотехнічного розрахунку; q – питомий розхід повітря на 1 м довжини короба; L_i – відстань від i -го перерізу короба до його початку, м; v_{CT} – задана за умовами теплотехнічного і аеродинамічного розрахунку швидкість фільтрації повітря крізь мембрану, м/с.

У підсумку можна зробити висновок, що запропонована конструкція установки є цілком роботоздатною та раціональною, однак є потреба в уточненні параметрів і режимів роботи відповідного теплотехнічного обладнання.

Список використаних джерел

1. Зуев Ф.Г. & Лотков Н.А. & Полухин А.И. (1978). Подъёмно-транспортные машины зерноперерабатывающих предприятий. Москва: Колос.
2. Спирін А. & Грицун А. & Флеш Р. (2015) Сушарка для зерна. *Техніка АПК*. (2). 19-26.
3. Миронов О.С. & Брижа М.Р. & Бойко В.Б. (2011). Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну. Дніпропетровськ: ТОВ«ЕНЕМ»
4. Гнатишин Я.М. & Кристалович В.І. (2008). Теплотехніка. Київ: Занння,
5. Константинов Ю.М. (2009). Технічна механіка рідини і газу. Київ: Вища школа.