

УДК 631.365.2

© О.В. Голубєв, В.В. Тарасюк, к.т.н  
Луцький національний технічний університет

©Хвесик В.О.

Любешівський технічний коледж Луцького національного технічного університету

©Панечко Р.В.

Ковельський промислово-економічний коледж Луцького національного технічного університету

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОНУСОПОДІБНИХ КАМЕР ДЛЯ СУШІННЯ СИПКИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ**

*У статті представлено аналіз існуючих методів сушіння сипких сільськогосподарських матеріалів, зокрема зернових. Встановлено закономірності зміни напору сушильного агенту за перерізом сушарки. Запропоновано, для повного використання потенціалу сушильного агенту, застосовувати конусоподібні камери сушіння, що дозволить забезпечити рівномірність витрати сушильного агенту за шарами матеріалу в сушарці.*

## **СУШІННЯ, ВОЛОГІСТЬ, ВИТРАТА, СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, КАМЕРА СУШІННЯ, ШАР МАТЕРІАЛУ, ЕНЕРГОВИТРАТИ.**

**Постановка проблеми.** Сушіння – це важливий процес з приведення зерна і насіння до стійкого стану. Тільки ефективне видалення вологи з первісної основи зможе забезпечити подальше надійне, а головне тривале збереження. Суть сушіння в тому, щоб збездонити матеріал, залишивши тільки великий відсоток однієї сухої маси. Неправильний режим може привести до здуття зерна або навпаки до надмірної усушки. Процес сушіння зерна являє собою передачу теплоти від джерела теплоти до зерна, волога переміщується від центральних шарів до поверхневих, а далі відбувається випаровування вологи у зовнішнє середовище. [1-5].

Зерно як об'єкт сушіння – це живий організм з капілярно-пористою структурою. Плодові оболонки насіння пронизані капілярами, тому є проникними для пари води. Насіннєві оболонки й алейроновий шар, навпаки, відносно малопроникні для пари води і за неправильного режиму сушіння можуть бути причиною здуття зерна, спричиненого затримкою видалення водяної пари, яка накопичилась всередині ендосперму. Крім того, зародок містить дуже чутливі до температури водорозчинні білки – альбуміни. При температурі вище 41–42°C білки зародка, наприклад пшениці, денатурують, тобто насіння втрачає схожість. Білки клейковини більш термостійкі, однак температура нагрівання нормальної, міцної і слабкої клейковини пшениці не повинна перевищувати відповідно 50, 45 і 55°C. Сушіння – складний технологічний тепломасообмінний процес, який повинен забезпечити збереженість усіх властивостей речовин у зерні, що можливо за умови дотримання оптимальних параметрів цього процесу. Так, під час сушіння постійно змінюються параметри процесу, тому необхідно суворо додержувати рекомендованих режимів сушіння насіння кожної культури залежно від їх вологості та цільового призначення [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Великі енерговитрати процесу сушіння виникають внаслідок неповного використання потенціалу сушильного агента в існуючих типах сушарок. Проблеми із застосуванням відомих конвективних протитечійних зерносушарок барабанного і бункерного типу зумовлені втратою напору сушильного агента за висотою камери сушіння. Шар зернового матеріалу створює аеродинамічний опір для руху сушильного агента. Дослідженню цього явища присвячено ряд робіт [7-9].

У цих роботах, для вирішення проблеми нерівномірного проходження сушильного агента крізь шар зерна, пропонується

використовувати механічні системи активізації процесу сушіння за рахунок розпушування і перемішування матеріалу в сушарці. Однак такий підхід потребує додаткових енерговитрат на приводи механізмів перемішування і розпушування.

Тому процес вентиляування зернового матеріалу в сушильній камері вимагає додаткового дослідження.

**Мета дослідження** – проаналізувати існуючі дослідження щодо процесів вентиляування зернових матеріалів у сушарках різних типів. Експериментально встановити закономірність втрати напору сушильного агента за висотою шару матеріалу та, на основі цього, обґрунтувати раціональну геометричну форму камери сушіння.

**Результати дослідження.** В процесі конвективного сушіння сушильний агент контактує з вологим матеріалом, відбираючи в нього вологу. Шар сипкого матеріалу, крізь який проходить сушильний агент, чинить опір його руху. Це призводить до зміни кількості сушильного агента по відношенню до кількості матеріалу за висотою сушильної камери, що піддається сушінню. Така нерівномірність розподілу спричиняє нерівномірність процесу вологовидалення за шарами насінневого матеріалу.

Вивчення процесу вентиляування шару сипкого матеріалу в вертикальному шарі зернових матеріалів дозволить обґрунтувати раціональні режимні параметри сушарки та зменшити негативний вплив фактору втрати напору потоку сушильного агента.

Дослідження процесу вентиляування насінневого матеріалу (озимої пшениці) проводили з використанням лабораторної установки, що зображена на рис.1.

Швидкість потоку сушильного агента у досліджуваному просторі визначали встановленням цифрового крильчатого анемометра AR826 у порожній сушильній камері зі сторони підведення повітряного потоку. Ця швидкість на вході становила 5,0 м/с для першого ряду досліджень та 9,0 м/с – для другого ряду.

У сушильну камеру лабораторної установки встановлювали касету та поступово засипали зерно, формуючи тим самим шари матеріалу. Вентилятор створював напір атмосферного повітря, швидкість якого встановлювалась після шару зерна. Проводили вимірювання швидкості повітряного потоку цифровим анемометром, максимально наближаючи його приймальний датчик до поверхні шару зерна. Щоразу, після кожного вимірювання, збільшували товщину шару зерна на 10 мм. Вимірювання припиняли при зниженні швидкості сушильного агента до нуля.



а)



б)

Рис.1 - Лабораторна установка для дослідження вентиляції шару сипкого матеріалу: а) – загальний вигляд; б) – вимірювання швидкості повітряного потоку

Експериментальне дослідження процесу вентиляції насінневого матеріалу проводились після запуску установки, встановлення усталеного режиму повітряного потоку і підготовки партії матеріалу.

Отримані дані фіксували (рис.1). Вимірювання швидкості повітряного потоку проводилися з трикратною повторюваністю. Вологість матеріалу в усіх варіантах  $15 \div 24\%$ .

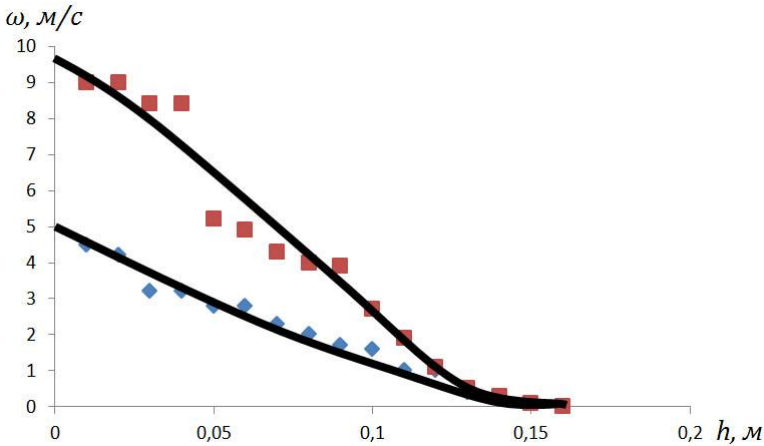


Рис.2 – Зміна швидкості повітряного потоку з висотою шару зерна

Отримані експериментальні дані вказують на те, що з висотою шару зерна суттєво зменшується напір потоку сушильного агента. Так, при вказаних лабораторних умовах, у випадку формування шару зерна висотою близько 0,2 м швидкість сушильного агента спадала до нуля.

Зниження швидкості повітряного потоку за висотою шару призводить до зменшення витрати сушильного агента на одиницю об'єму матеріалу, що піддається сушінню, і спричиняє нерівномірне його просушування. Тому, для формування рівних умов вологовідведення для усіх шарів матеріалу за висотою шару зерна, слід змінити геометрію камери сушіння.

Так як графічні залежності втрати напору потоку повітря (рис.2) можна представити у вигляді лінійних залежностей то і зміна об'єму камери сушіння за висотою теж повинна змінюватись за лінійним законом. Таким умовам відповідає сушильна камера конусоподібної форми, де діаметр основи конуса зменшується від величини  $D_{max}$  до  $D_{min}$  прямопропорційно. Функціональна схема сушарки сипких матеріалів показана на рис.3. Така конструкція сушарки забезпечує однакову витрату сушильного агента за усім об'ємом зернового матеріалу і, тим самим, формує рівні умови перебігу технологічного процесу вологовидалення.

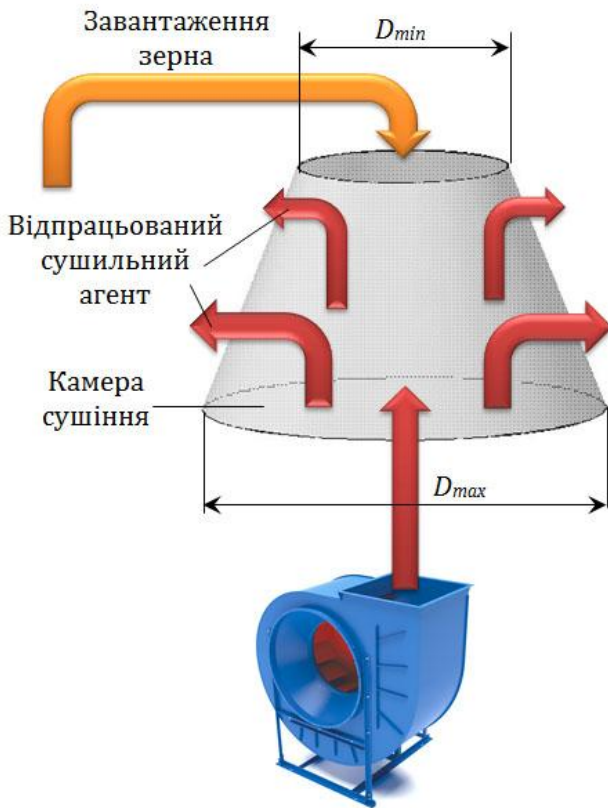


Рис. 3 – Функціональна схема сушарки із конусоподібною камерою сушіння

**Висновки.** Аналіз сучасних сушарок зернових матеріалів із циліндричною камерою сушіння вказує на те, що така конструкція сушарки не забезпечує рівномірність сушіння за висотою шару. Це виникає через створення об'ємом зерна аеродинамічного опору сушильному агенту та, як наслідок, втрати напору потоку і виникнення нерівномірності вентиляції шарів матеріалу. Використання камери сушіння у формі зрізаного циліндра дає можливість вирівняти витрату сушильного агента у сушарці. Нахил твірної уявного конуса можна встановити на основі отриманих експериментальних даних вентиляції шарів матеріалу.

**Література.**

1. Лыков А.В. Теория сушки. М. «Энергия», 1968. – 472 с.
2. Гинзбург А.С. Проектирование установок для сушки пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
3. Кришер О. Научные основы техники сушки. М.: Иностранная литература, 1961. 540 с.
4. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільського сподар-ських рослинних матеріалів. Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2002.–165 с.
5. Котов Б.И. Технологические и теплоэнергетические основы повышения эффективности сушки растительного сырья: дис.... доктора техн. наук: 05.20.01 / Борис Иванович Котов. – Глеваха, 1994. – 440 с.
6. Особливості сушіння зерна окремих культур [електронний ресурс]// «Лекционный материал для студентов». - Режим доступу: [https://studopedia.su/8\\_63585\\_osoblivosti-sushinnya-zerna-okremih-kultur.html](https://studopedia.su/8_63585_osoblivosti-sushinnya-zerna-okremih-kultur.html)
7. Дударев І.М. Обґрунтування технологічного процесу та параметрів сушарки льоносировини в рулонах: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Ігор Миколайович Дударев. – Глеваха, 2007. – 208 с.
8. [Забродоцька Л. Ю.](#) Обґрунтування технологічного процесу та параметрів сушарки вороху насіння трав : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Л. Ю. Забродоцька; Кіровогр. нац. техн. ун-т. - Кіровоград, 2012. - 22 с.
9. [Ящук А.А.](#) Обґрунтування параметрів сушарки насіння льону олійного : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / А.А. Ящук; Кіровогр. нац. техн. ун-т. - Кіровоград, 2014. - 20 с.

*Рецензент д.т.н. В.Ф.Дідух*