

Как видно из рис. 5, эти зависимости обобщают и данные для зерновых культур при различных способах теплоподвода со среднеквадратичной погрешностью по влагосодержанию  $\pm 16,2\%$ , температуре  $\pm 20,8\%$ . Эти погрешности выше, чем погрешности частных формул [2], полученных для зерновых культур при разных способах теплоподвода, что объясняется более широким диапазоном описываемых процессов.

Возможность получения единых уравнений для сушки неорганических и органических дисперсных материалов в неподвижном и движущемся слое при различных способах подвода теплоты свидетельствует о наличии общих закономерностей этих процессов. Зависимости (1), (2) позволяют определить среднеинтегральные влагосодержание и температуру в любой момент процесса сушки, либо время, за которое может быть достигнуто заданное влагосодержание или температура.

#### Литература

1. Календерьян В.А., Кориараки В.В. Теплообмен и сушка в движущемся плотном слое. – Киев: Вища школа. 1982.-160с. - 1
2. Волгушева Н.В. Кинетика сушки плотного слоя дисперсного материала (на примере гречихи) при различных способах подвода теплоты. Дисс. канд. техн. наук, 05.14.05, Одесса, 2005, 225с.
3. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика микроволновой сушки гречихи в микроволновом электромагнитном поле // ИФЖ, 2006, №3, т. 79, с. 123-127.
4. Календерьян В.А., Волгушева Н.В., Бошкова И.Л. Кинетика кондуктивной и кондуктивно-конвективной сушки гречихи в микроволновом поле // Наукові праці ОНАХ. Одеса. – 2006. - №29, т. 2. – с. 17-20.
5. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Сушка зерновых культур в плотном слое с применением микроволнового поля // Хранение и переработка зерна 2008, №1, с. 16-18.
6. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика микроволновой сушки зерновых культур // Материалы VI Минского международного форума по тепло- и массообмену, Минск, 19-23 мая 2008 г., с. 204-205.
7. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Теплоперенос в процессе сушки плотного слоя дисперсного материала при микроволновом подводе энергии // Наукові праці НУХТ, Київ 2008, №25, частина 2. с. 94-95.
8. Kalenderian V.A., Kornaraki V.V. Przenoszenie ciepła podczas suszenia materiałów sypkich w ruchomym złożu zwartym z zanurzonymi elementami grzeijnymi. VIII symp. Suszarnictwa, t. 1, Polska, Warszawa, 1994, p. 62-68.
9. Календерьян В.А., Корнанаки В.В., Кислицына А.Л. Тепловогоперенос при сушке дисперсных материалов в плотном слое. Межд. форум по теплообмену ММФ – 96, т. VIII «Теплообмен в процессах сушки», 1996, с. 110-114.
10. Ву Зуй Тьонг. Теплоперенос в дисперсных материалах при кондуктивной сушке. Дисс. канд. техн. наук, Одесса, 1983
11. Календерьян В.А., Ву Зуй Тьонг. Кинетика процесса и коэффициенты тепловогопереноса при кондуктивной сушке дисперсных материалов. Укр. ИНТЭИ, 1992, №1140, 21 с.

УДК 633.15:631.36

## НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Кирпа М.Я., доктор с.-г. наук  
Інститут зернового господарства НААНУ, м. Дніпропетровськ

*Наведено аналіз та намічені шляхи розвитку технологій і системи машин для післязбиральної обробки і зберігання зерна, виділені базові технології та прийоми енергозбереження.*

*The analysis is resulted and ways of development of system of cars for the ambassador of harvest processing and grain storage are planned, base technologies and receptions of savings of energy are allocated.*

Ключові слова: зерно, первинна обробка і зберігання, машини, енергозбереження, якість продукції.

Сільське господарство України потребує кардинального реформування галузей, пов'язаних з виробництвом зерна. Зокрема, у рослинництві необхідно оптимізувати структуру площ, зайнятих під зерновими і олійними культурами, забезпечити зростання валових зборів зерна, впровадити енергозаощаджуючі технології вирощування, обробки та зберігання врожаю.

Основою реформування мають бути науково-обґрунтовані тенденції розвитку технологій й системи машин з урахуванням кращих світових досягнень і особливостей вітчизняних пріоритетів. У збільшенні об'ємів зерновиробництва найпершим є вимоги щодо енергозбереження, чистоти і якості продукції, екології довкілля.

У науковому обґрунтуванні технологій і машин слід передбачати їх взаємозв'язок, тобто технології мають бути узгоджені з машинами, а машини з технологіями. У цьому взаємозв'язку більшу перспективу має система машин, яка забезпечує повне виконання технологій, тобто проведення комплексу операцій і процесів.

Технологія післязбиральної обробки є доволі складна техно- і енергонасичена, особливо на первинних етапах. До її складу входять різні технологічні операції, які потребують відповідного технічного наповнення (табл. 1). Найбільше наповнення мають такі операції: приймання і розміщення зерна, його попередньо-первинне очищення, сушіння і зберігання, які стосуються майже всіх зернових культур незалежно від їх призначення. На цих операціях сконцентровано розвантажувально-навантажувальне обладнання, зерносепаратори і зерносушарки, які можуть мати значну потужність. Таке обладнання може використовуватись як у господарствах, де вирощують зерно, так і в заготівельній системі – хлібоприймальних підприємствах і елеваторах.

Також в основному на цих операціях споживається більша частина енергоресурсів, які припадають на операції післязбиральної обробки зерна (табл. 2). Витрата енергії в процесі післязбиральної обробки і зберігання зерна становить 42-46%, тобто майже половину від загальної, необхідної на повне зерновиробництво. При обробці насінневого зерна, особливо пізньостиглих культур (кукурудза, соняшник, соя) витрата енергії збільшується до 55-60%.

У створенні системи машин у першу чергу слід забезпечувати базові технології первинної обробки зерна та їх об'єми. Зокрема, очищенню підлягає майже все свіжозібране зерно. Сортуванню – 20-30% від валового збору, це зерно продовольче і насінневе. Сушінню – 30%, тобто біля третини врожаю зерна може мати підвищену вологість. Вентилюванню в режимі охолодження – до 25%, викликане зміною клімату, потеплінням. За нашими даними, при збиранні зерна пшениці та ранніх ярих температура зерна досягає 48-53°C. Засипка такого зерна в сховище потребує негайного охолодження. Консервуванню – до 25% зібраного врожаю кукурудзи кормового призначення.

**Таблиця 1 – Склад технологій з післязбиральної обробки і зберігання зерна різного призначення**

| Технологічні операції        | Зернові, зернобобові культури, зерно кукурудзи, соняшник |               |         | Кукурудза в качанах |         |
|------------------------------|--|---------------|---------|---------------------|---------|
|                              | зерно продовольчотехнічне                                | зерно кормове | насіння | зерно кормове       | насіння |
| Оцінка якості                | +  | +             | +       | +                   | +       |
| Приймання та розміщення      | +  | +             | +       | +                   | +       |
| Очищення, у т.ч.:            |  |               |         |                     |         |
| попереднє                    | +  | +             | +       | -                   | +       |
| первинне                     | +  | -             | +       | -                   | +       |
| вторинне (сортування)        | +  | -             | +       | -                   | +       |
| Сушіння, у т.ч.:             |  |               |         |                     |         |
| зерна                        | +  | +             | +       | -                   | +       |
| качанів                      | -  | -             | -       | -                   | +       |
| Обмолот качанів              | -  | -             | -       | +                   | +       |
| Зберігання сухого зерна      | +  | +             | +       | -                   | +       |
| Консервування вологого зерна | -  | +             | -       | +                   | -       |
| Хімічна обробка              | -  | -             | +       | -                   | +       |
| Пакування                    | -  | -             | +       | -                   | +       |

Таблиця 2 – Споживання енергії на технологічних операціях вирощування і первинної обробки вологого зерна

| Технологічна операція  | Питома витрата енергії, % |              |                 |
|--|---------------------------|--------------|-----------------|
|  | всього                    | в тому числі |                 |
|  |                           | паливо       | електро-енергія |
| Вирощування (обробіток ґрунту, підготовка насіння, догляд за посівами) | 40                        | 90           | 10              |
| Збирання   | 16                        | 100          | -               |
| Первинна післязбиральна обробка  | 35                        | 65           | 35              |
| в тому числі - сушіння   | 70                        | 85           | 15              |
| - очищення   | 30                        | -            | 100             |
| Зберігання   | 5                         | 5            | 95              |
| Транспортування  | 4                         | 85           | 15              |

Визначаючи перспективи розвитку післязбиральної обробки і зберігання зерна, слід оцінити його стан. Аналіз свідчить, що цей стан зумовлюється рівнем сьогодишнього техніко-технологічного забезпечення, а саме характеризується наступним:

- фізичною і моральною спрацьованістю базового обладнання;
- високим рівнем енергоспоживання сушарок (вітчизняні – 1,0-1,2 кг палива, зарубіжні – 0,7-1,0 на 1 т-%);
- недостатнім об'ємом спеціалізованих зерносховищ (30 млн. т);
- недостатнім об'ємом охолодження нагрітого зерна;
- відсутністю термо- вологометрії з відеовідтворенням;
- відсутністю комплектів насіннеобробних ліній;
- відсутністю малогабаритних комплектів для селекційних робіт;
- високими тарифами обробки і зберігання зерна (вітчизняні – 8-12 \$/т, зарубіжні – 5-7).

З-за такого стану порушуються оптимальні строки збирання і обробки зерна, зростають втрати врожаю, знижується якість продовольчого і насінневого зерна, нерационально витрачаються енергоресурси, ускладнюються роботи зі створенням нових гібридів і сортів. Суттєво також коливаються тарифи з обробки і зберігання зерна, залежно від рівня техніко-технологічного забезпечення елеваторів і хлібоприймальних підприємств. У кількісному виразі з-за незадовільного матеріально-технічного стану обробки зерна грошові втрати становлять понад 5 млрд. грн. щорічно.

Враховуючи сучасний стан та результати науково-дослідних робіт можна спрогнозувати такі тенденції розвитку основних базових технологій первинної обробки і зберігання зерна та систему машин для цього:

#### Очищення і сортування зерна

- зерносепація на горизонтальних решетах, що забезпечує отримання високоякісних фракцій при мінімальному травмуванні. Для відбору важковідокремлюваних домішок – гравітаційно-повітряне сепарування;

- пофракційне сортування продовольчого та насінневого зерна;

- зерносепаратори стаціонарні (елеваторна система), мобільні (господарства).

#### Сушіння зерна

- сушіння зерна з рекуперацією тепла;

- універсальні альтернативні паливні системи;

- зерносушарки стаціонарні (елеваторна система), мобільні (господарства).

#### Зберігання зерна

- способи герметичного зберігання в контрольованому інертному газовому середовищі;

- система термометрії з відеовідтворенням;

- система м'якого завантаження силосних сховищ;

- аерація і термозахист металевих зерносховищ.

У створенні технологій та системи машин слід виділяти окремо культури з енергетично насиченою і ускладненою післязбиральною обробкою і зберіганням зерна – це кукурудза, соняшник, ріпак, соя. Як правило, ці культури мають підвищену збиральну вологість і смітність зерна, крім того вони є особливим об'єктом обробки залежно від фізико-механічних, теплофізичних і біохімічних властивостей. Щодо кукурудзи необхідно ще враховувати її господарчу універсальність, тому базова енергоощадна технологія цієї культури має бути узгоджена з призначенням зернопродукції (табл. 3)

**Таблиця 3 – Базова енергоощадна технологія обробки і зберігання зерна кукурудзи**

| Призначення зерна                                       | Вологість зерна                  | Основні операції технології   |
|---|----------------------------------|---|
| Зерно продовольче                                       | Сухе, 14-15 %                    | Сушіння, очищення, сортування, вентилявання, охолодження                |
| Зерно технічне:<br>- переробка<br>- виробництво етанолу | Сухе, 14-15 %<br>Вологе, 25-35 % | Сушіння, очищення, вентилявання<br>Консервування, охолодження           |
| Зерно кормове:<br>- комбікорми<br>- згодовування        | Сухе, 15-16%<br>Вологе, 35-45%   | Сушіння<br>Консервування  |
| Зерно насіннєве   | Сухе, 12-13 %                    | Сушіння, очищення, сортування, калібрування, хімічна обробка, пакування |

Відносно насіннєвої кукурудзи особливо актуальним є створення техніко-технологічних енергозберігаючих систем сушіння з обов'язковою умовою збереження якості насіннєвого матеріалу. До найбільш перспективних відноситься удосконалення як чинних систем сушіння, так і розробка нових – двохстадійної та прямої теплової обробки (табл. 4).

**Таблиця 4 – Прийоми енергозбереження і інтенсифікації в технологіях сушіння насіння кукурудзи**

| Технологія          | Прийоми  | Ефект при сушінні   |
|---------------------|--|---|
| Сушіння качанів     | 1. Попередній нагрів при t-50°C  | Підвищення швидкості на 11%   |
|                     | 2. Ступінчатий температурний режим з інтервалом 6-12°C                     | Збільшення продуктивності на 18%  |
|                     | 3. Режим рециркуляції теплоносія   | Зниження витрат електроенергії до 20%   |
|                     | 4. Режим інтенсифікації (температура 50-55°C, частота реверсування 30 хв.) | Збільшення продуктивності на 15-21%, підвищення швидкості на 20-27%   |
|                     | 5. Режим паралельної (односторонньої) продувки                             | Збільшення продуктивності на 15%  |
| Сушіння комбіноване | Сушіння качанів + обмолот + досушування зерна                              | Енергоекономія до 30%, ускладнення технології   |
| Сушіння зерна       | Обмолот + сушіння зерна  | Енергоекономія до 40%, диференційована технологія залежно від чистоти, вологості і типових особливостей насіння |

Таким чином, реформування агропромислового комплексу в галузі рослинництва потребує суттєвих техніко-технологічних змін існуючого стану післязбиральної обробки і зберігання зерна. Розвиток післязбиральної обробки і зберігання зерна має відбуватись на основі науково-обґрунтованих рішень, впровадження технологій і системи машин, які забезпечують суттєве енергозаощадження, якість, чистоту продукції та довкілля, повне збереження зібраного врожаю. У розвитку технологій та системи машин передбачати створення та оновлення матеріально-технічної бази як в господарствах-зерновиробниках, так і в заготівельній мережі – хлібоприймальних підприємствах і елеваторах.

#### Література

1. Шемавньов В.І., Кирпа М.Я. Сучасні норми і технології зберігання і обробки зерна в Україні // Вісник Дніпропетровського держагроуніверситету. – 2006. – № 2. – С. 11-18.
2. Кирпа М.Я. Оберіть собі найбільш ошадну технологію первинної обробки вологого зерна // Зерно і хліб. – 2006. - № 3 (43). – С. 26-27.
3. Кирпа Н.Я. Тепловые технологии и перспективы энергосбережения в зерновом хозяйстве Украины // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) - СЭТТ-2008. Труды конференции. – М., 2008. – Том 1. – С. 381-387.
4. Кирпа М. Особливості збирання та обробки зернових колосових // Пропозиція. – 2010. - №7. – С. 82-86.