



Механізація, електрифікація

УДК 664.72.001.2
© 2012

*М.Я. Кирпа,
доктор сільсько-
господарських наук*

*Державна установа
Інститут сільського
господарства степової
зони НААН*

СПОСОБИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СУШІННІ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ

Досліджено техніко-технологічні особливості сушіння насіння кукурудзи в камерних кукурудзосушарках, встановлено способи, які знижують витрату палива, підвищують продуктивність сушарок і забезпечують високу якість насіння. З метою модернізації, а також під час будівництва нових сушарок рекомендується їх оснащення системою рециркуляції та реверсування агента сушіння.

Сушіння насіння кукурудзи потребує значних витрат енергоресурсів (палива, електроенергії), що пояснюється, головним чином, низьким рівнем упроваджених технологій та матеріально-технічним станом кукурудзосушарок. Наприклад, тепловий коефіцієнт їхньої корисної дії становить 30–35% від теоретично можливо-го і 55–60% щодо кращих зразків шахтних зерносушарок.

Проблема енергозбереження в процесі сушіння кукурудзи стає дедалі актуальнішою через постійне зростання вартості всіх видів енергоресурсів — дизельного палива, скрапленого і газоподібного, електроенергії. Проблема ускладнюється ще й тим, що виробництво насіння кукурудзи поступово переміщується у північну частину України — в зону Лісостепу і Полісся, де склалися кращі гідротемпературні умови вирощування, але зерно збирають надто вологим, тому воно потребує обов'язкового сушіння.

Відомі різні техніко-технологічні способи сушіння, які можуть знижувати рівень енерговитрат: 2-стадійне сушіння качанів із досушуванням у зерні, імпульсний режим сушіння із чергуванням нагріву та охолодження, сушіння за максимально допустимої температури [1–5, 10]. До способів, які опосередковано сприяють зниженню енерговитрат, належать ще й герметизація сушарок, більше завантаження їхніх камер. Однак не всі способи, спрямовані на енергозаощадження, забезпечують водночас основну техніко-технологічну умову сушіння — збереження високої якості насіння.

Мета роботи — дослідження, розробка й випробовування способів сушіння кукурудзи,

які б знижували витрати теплової енергії і забезпечували високу якість насіння.

Методологія і методи досліджень. Методологія роботи передбачала експериментально-виробничі досліді із різних способів сушіння насіння кукурудзи та оцінку його якості у лабораторно-польових дослідях. Досліді проводили згідно з нормативними документами, якими встановлювався порядок проведення сушіння та визначення якості насіння [6–8].

Сушіння здійснювали в сушарках камерного типу серії СКП-6 і СКПМ-18, вид палива — рідке та газоподібне. Вологість зерна кукурудзи у дослідях становила 28–35% залежно від року вирощування і строків збирання.

Результати досліджень. До способів, які знижували витрати палива в дослідях, належали: попереднє прогрівання качанів, паралельне продування камер, диференційований тепловий режим, максимально допустима температура, реверсування і рециркуляція агента сушіння, зокрема відпрацьованого.

Попереднє прогрівання ґрунтується на використанні підвищеної температури агента сушіння в початковий період, оскільки зерно, що міститься в качані, в цей час ще нагрівається повільно. Дослідами встановлено, що прогрівання за температури 50°C упродовж 6 год скорочує час сушіння на 7 год, збільшує швидкість вологовіддачі зерном на 10,9%, підвищує продуктивність сушарки на 22,5% порівняно з контролем — типовою технологією у звичайному режимі (табл. 1).

Також виявлено, що під час прогрівання температура качанів у наспілу не перевищувала 39°C, а нагрів зерна — 35°C. Тому якість на-

1. Вплив прогріву качанів під час сушіння кукурудзи на техніко-технологічні показники сушарки і якість насіння (сушарка СКП-6)

Показники	Спосіб сушіння качанів	
	Контроль*	3 прогрівом
Технічно-експлуатаційні:		
вологість зерна, %	32,5	33,0
температура агента сушіння, °C	44,0	46,0
експозиція сушіння, год	80,0	73,0
швидкість сушіння, % за год	0,256	0,284
продуктивність однієї камери, т % за год	15,1	18,5
Якість насіння:		
схожість лабораторна, %	98	98
сила росту, %	95	98
схожість польова, %	90,5	88,5
врожайність зерна, т/га	3,56	3,91
* Сушіння у звичайному режимі з поступовим підвищенням температури.		

сіння зберігалась — показники його лабораторної і польової схожості, а також врожайності, відповідали звичайному режиму сушіння за типовою технологією. Як свідчать результати дослідів, найефективнішим є прогрівання в сушарках з невеликою кількістю камер або коли паливно-вентиляційне відділення обслуговує 2–4, найбільше — 6 камер.

Дещо іншим варіантом прогрівання в дослідках було підсушування качанів, які накопичуються в бункерах тимчасового зберігання на кукурудзообробних заводах. Прогрівання качанів у бункері здійснювалося за допомогою відпрацьованого теплоносія, який надходив із сушарки і мав температуру 30–40°C, відносну вологість 28–70%. Маса качанів у бункері — 150 т. Установлено, що після 30 год нагріву і підсушування вологість зерна знижувалася на 3–6%, стрижнів — на 2–4% залежно від шару насипу качанів у бункері.

Попереднє прогрівання качанів у системі «бункер — сушарка» позитивно впливало на техніко-економічні показники роботи сушарки: тривалість висушування кукурудзи скорочувалася на 11 год, продуктивність сушильних камер підвищувалася на 11,2%, зберігалася висока якість насіння. Однак виявлено й технічні складнощі у застосуванні такого способу, а саме — потрібно було проводити капітальне переобладнання бункера, здійснювати його герметизацію і з'єднання з сушаркою. Крім того, через нерівномірне підсихання качанів ускладнювались їх вивантаження із бункера і досушування до рівномірної вологості в сушарці.

Енерговитрати процесу сушіння насіння ку-

курудзи залежать іще від схеми продування сушильних камер. Для камерних кукурудзосушарок рекомендується послідовна схема, за якої агент сушіння спочатку подається в 1-шу групу камер, де сушіння закінчується, і з неї надходить до 2-ї групи камер, де сушіння розпочинається. Вважається, що за застосування такої схеми агент сушіння максимально зволожується і відпрацьовується, тому його тепловий потенціал використовується найповніше. Однак на практиці відбувається інакше — знижується сушильна здатність агента сушіння, зменшується швидкість вологовіддачі зерна у 2-й групі камер, зростає в цілому аеродинамічний опір у повітряній мережі, збільшується загальна тривалість сушіння.

Тому для поліпшення умов продування досліджували паралельну схему подачі агента сушіння, за якої він надходив в усі камери одночасно. Виявлено поліпшення техніко-економічних показників — посилювалася фільтрація агента сушіння в насипу качанів, підвищувалася швидкість їх сушіння, завдяки чому продуктивність камери збільшувалася на 14,8% порівняно з послідовною схемою (табл. 2). Внаслідок одночасного ввімкнення камер також поліпшувались умови сушіння — підвищувалися схожість і сила росту насіння.

На енерговитрати значно впливає температурний режим сушіння, який установлюють з огляду на вологість зерна, а саме: за вищої вологості — температуру знижують, за нижчої — підвищують.

Температурний режим для камерних кукурудзосушарок встановлювали виходячи насам-

2. Продуктивність сушарки і якість насіння залежно від схеми продування сушильних камер (сушарка СКП-6)

Спосіб сушіння	Схема продування камер	Продуктивність камери, т % за год	Якість насіння			
			Схожість, %		Сила росту	
			лабораторна	польова	сходи, %	маса 100 ростків, г
Контроль*	—	—	96	82,7	91	21,8
Термічний	Паралельна	21,7	96	81,3	92	22,5
	Послідовна	18,9	94	76,1	89	17,4

* Природне сушіння качанів.

перед з теоретичних обрахунків статичної і динамічної характеристик термостійкості качанів [11]. Проте на практиці термостійкість залежить ще від фізико-механічних, гігроскопічних, ботанічно-біологічних властивостей насіння, а також технічно-експлуатаційних показників сушарки.

З огляду на це досліджували способи диференційованого сушіння, які передбачали поступово наростаючий і ступінчастий температурні режими. За наростаючого режиму швидкість підвищення температури відповідала швидкості підсихання зерна. Це забезпечувало енергозбереження і високу якість насіння, однак потрібно постійно контролювати температуру і вологість зерна за допомогою дистанційної термовологометрії.

За ступінчастого режиму температура агента сушіння коливалася залежно від вологості зерна качанів у крайніх шарах насипу — верхньому чи нижньому, залежно від того, куди потрапляє агент.

Дослідження свідчать, що за допомогою диференційованих режимів можна підвищити середню температуру сушіння на 2–3°C, не погіршуючи водночас якості насіння. Завдяки цьому продуктивність сушарки підвищується на 18–20% і більше порівняно з типовими постійними режимами, рекомендованими для камерних кукурудзосушарок.

Для оптимізації температурних режимів вияткове значення має максимально допустима

температура агента сушіння. Підвищення температури значно залежить від частоти реверсування агента, тобто зміни напрямку руху в камерах. Досліди свідчать, що температуру агента сушіння в камерних кукурудзосушарках можна підвищити до 50–55°C, але за умови реверсування через кожні 30 хв [9].

Завдяки підвищенню теплових режимів середня швидкість сушіння насіння кукурудзи збільшувалася на 20–27%, а продуктивність сушильної камери — на 15–21%, забезпечувались високі посівні і врожайні властивості насіння порівняно з типовим режимом. Однак слід зазначити, що режим підвищення можна застосовувати лише для насіння гібридів кукурудзи, які є теплостійкішими, а також насіння зі збираною вологістю зерна до 30–32%.

Істотним резервом зниження енерговитрат є також рециркуляція відпрацьованого агента, тобто його повернення у зону сушіння. Режим рециркуляції вивчали за різних графіків роботи сушарки: циклічного — із зупинкою на завантаженні-вивантаженні усіх камер і безциклічного — у режимі постійної роботи.

Установлено, що за циклічної роботи на початку сушіння відпрацьований агент активно зволожується, його відносна вологість становила 75–100%, температура 15–30°C за температури на подачі 40–45°C. Після 20–30 год сушіння відносна вологість знижувалася до 40–60%, температура підвищувалася до 30–35°C, тому

3. Техніко-економічні показники роботи сушарки і якість насіння кукурудзи за різних способів сушіння (сушарка СКПМ-18)

Спосіб сушіння	Техніко-економічні показники			Схожість насіння, %		Врожайність зерна, т/га
	швидкість сушіння, % за год	витрати на 1 т %		лабораторна	польова	
		паливо, МДж	електро-енергія, кВт/год			
Контроль, без рециркуляції	0,28	87,9	1,50	96	82,3	7,20
Рециркуляція	0,27	65,1	1,43	96	86,0	7,21
НІР _{0,05}					2,0	0,13

відпрацьований агент можна було вже використувати для рециркуляції.

За безциклічної роботи кожне вмикання камери змінювало показники відпрацьованого агента сушіння — його температура знижувалася на 5–8°C, відносна вологість підвищувалася на 12–18% залежно від стану качанів у камерах. Цей період був тимчасовим і займав 5–8 год, після чого відпрацьований агент сушіння мав такі значення: відносна вологість — 50–

58%, температура — 31–33°C і був придатним для рециркуляції.

Сушіння в режимі рециркуляції істотно зменшувало споживання енергоматеріалів (табл. 3). Наприклад, витрати палива знижувалися на 26%, електроенергії — на 5% порівняно з контрольним режимом сушіння. Повторне використання відпрацьованого агента сушіння не погіршувало якості насіння — його схожість і врожайність залишалися на високому рівні.

Висновки

Дослідженнями підтверджено, що з метою енергозаощадження та інтенсифікації процесу сушіння насіння кукурудзи рекомендується застосовувати ряд техніко-технологічних способів — попередній нагрів качанів і паралельне продування сушильних камер, диференційовані температурні режими, зокрема на рівні максимально допустимих, і рециркуляцію агента сушіння. Ефект енергозаощадження

та інтенсифікації процесу сушіння обов'язково має поєднуватися зі збереженням високої якості висушеного насіння. Для модернізації та під час будівництва нових кукурудзосушарок рекомендується оснащувати їх системою рециркуляції і реверсування агента сушіння, яка дає змогу знижувати витрати палива на 20–26% порівняно з типовими сушарками камерного типу.

Бібліографія

1. Алейников В.И. Комплексное совершенствование процесса сушки в шахтных и камерных зерносушилках/В.И. Алейников//Наук. праці ОДАХТ/Мін. освіти і науки України, Одеса, 2002. — Вип. 24. — С. 28–31.
2. Атаназевич В.И. Сушка зерна/В.И. Атаназевич. — М.: Агропромиздат, 1989. — 240 с.
3. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки/В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. — М.: Колос, 1982. — 239 с.
4. Кирпа Н.Я. Двухстадийная сушка семян кукурузы/Н.Я. Кирпа//Селекция и семеноводство кукурузы: Сб. науч. тр. ВНИИ кукурузы. — Днепропетровск, 1986. — С. 174–181.
5. Кирпа Н.Я. Методология энергосбережения при сушке высоковлажных зернопродуктов/Н.Я. Кирпа//Тр. Междунар. науч.-прак. конф./МГАУ им. В.П. Горячкина. — М., 2002. — Т. 4. — С. 83–87.
6. Кирпа Н.Я. Методы оценки качества и посевной пригодности семян/Н.Я. Кирпа//Хранение и переработка зерна. — 2004. — № 2. — С. 21–22.
7. Методика проведення дослідів з кукурудзою: Метод. реком.; підгот. Є.М. Лебідь, В.С. Циков, Ю.М. Пащенко [та ін.]. — Дніпропетровськ, 2008. — 27 с.
8. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002 [чинний від 2000–01–01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2003. — 173 с.
9. Науменко А.И. Новый способ сушки семян кукурузы/А.И. Науменко, Н.Я. Кирпа, В.И. Алейников//Доклады ВАСХНИЛ, 1986. — № 11. — С. 43–45.
10. Станкевич Г.М. Сушіння зерна: Підручник/Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.І. Атаназевич. — К.: Либідь, 1997. — 352 с.
11. Теленгатор М.А. Обработка и хранение семян/М. Теленгатор, В. Уколов, И. Кузьмин. — М.: Колос, 1980. — 272 с.