

ЕНЕРГООЩАДНЕ СУШІННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ ТА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

М. Я. Кирпа¹, В. О. Кулик¹, О. В. Йова²

¹ Державна установа Інститут зернових культур НААН, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49027, Україна

² ТОВ "Агросфера", вул. Зарічна, с. Олександрівка, 64, Дніпровський район, Дніпропетровська область, 52041, Україна

Визначено техніко-економічну ефективність енергоощадного методу сушіння насіння кукурудзи у разі використання стрижнів качанів кукурудзи порівняно з іншими традиційними видами палива на базі сушарки камерного типу СКП.

Встановлено загальні основні витрати, які необхідні для процесу сушіння, а саме – вартість палива, електроенергії і заробітна плата. Відповідно до тривалості й обсягу сушіння витрати на оплату праці становили 40,3 тис. грн в разі використання стрижнів качанів кукурудзи і 28,7 тис. грн – традиційних видів палива. Витрати на електроенергію різнились залежно від виду паливної системи зерносушарки. Так, при використанні теплогенератора для спалювання біомаси витрати на електроенергію були більші на 6528–9798 грн за період сушіння порівняно з паливними системами на дизельному та газоподібному паливі. Вартість спожитого палива за період сушіння становила: дизельне – 509,3 тис. грн; газоподібне – 269,3 тис. грн; стрижні качанів – 37,7 тис. грн. Встановлено, що за рахунок використання стрижнів качанів вартість сушіння знижується на 58–78 % відносно інших традиційних видів палива, до того ж негативного впливу такого палива на посівні та врожайні властивості насіння не простежується.

Ключові слова: качани кукурудзи, камерна сушарка, енергоощадне сушіння, види палива, техніко-економічні показники.

У технології післязбиральної обробки насіння кукурудзи термічне сушіння вологих качанів є найбільш енерговитратним технологічним процесом, оскільки він пов'язаний з витратою значної кількості енергоресурсів та їх високою вартістю. За даними техніко-економічного аналізу вартість палива і електроенергії в процесі сушіння становить близько 90 % від усіх загальних витрат [1–3].

Відомі різні техніко-технологічні прийоми, які спрямовані на енергозаощадження в процесі сушіння кукурудзи (двостадійне сушіння качанів із досушуванням в зерні, імпульсний режим сушіння із чергуванням на-

гріву і охолодження, сушіння за максимально допустимої температури, паралельне продування камер, рекуперація та реверсування теплоносія). Найбільш вагомі дослідження в цьому напрямку були проведені в ДУ Інститут зернових культур та Одеській Національній академії харчових технологій [4–8].

Проте переважна кількість розробок передбачала лише техніко-технологічну модернізацію камерних зерносушарок та оптимізацію температурних режимів сушіння, але паливо було те саме. За рахунок цих прийомів досягалось зниження витрат палива на 15–25 % порівняно з чинним регламентом

Інформація про авторів:

Кирпа Микола Якович, доктор с.-г.наук, професор, старший науковий співробітник, завідувач лаб. методів збереження та стандартизації зерна, e-mail: tk170@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-6893-8180>

Кулик Віктор Олександрович, молодший науковий співробітник лаб. методів збереження та стандартизації зерна, e-mail: kylik9379992@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-3701-8525>

Йова Олександр Васильович, канд. с.-г. наук, директор ТОВ «Агросфера», e-mail: agrosfera.7@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9706-1592>

сушіння.

Останнім часом визначено принципово інший напрям економії енергоресурсів, який базується на використанні побічної продукції рослинництва (стрижні качанів кукурудзи, щепи, пелети, солома, відходи зерноочищення). Розроблено і сконструйовано спеціальні теплогенератори для використання такого палива. Однак дані економічної ефективності нових теплогенераторів і застосування перелічених вище видів палива відсутні.

Мета дослідження – визначення техніко-економічної ефективності термічного сушіння насіння кукурудзи в разі використання такого палива, як стрижні качанів кукурудзи, дизельне та газоподібне.

Дослідження були проведені у 2015–2017 рр. в умовах Державного підприємства "Дослідне господарство "Дніпро" і ТОВ "Агросфера" на зерносушарках СКПМ-15 та СКП-10, які обладнані теплогенераторами, що працюють на відходах рослинництва (стрижні качанів кукурудзи). У процесі сушіння визначали основні техніко-технологічні параметри нового методу сушіння й відбирали зразки для визначення посівних якостей насіння за методиками Державних стандартів і додатково рекомендованих ДУ Інститут зернових культур [9, 10]. Контролем були відомі методи сушіння, в основу яких покладено використання рідкого (дизельного) та газоподібного палива. Початкова вологість качанів становила 23–24 %, кінцева – 10–11 %. Загальний обсяг качанів гібридів та самозапилених ліній кукурудзи у досліді становив 507 т. Для розрахунку техніко-економічної ефективності враховували регламент нового енергоощадного способу сушіння і рекомендації щодо використання електронних таблиць EXCEL [11, 12]. Витрати на сушіння розраховували в цінах 2018 р.

Для розрахунку техніко-економічної ефективності спочатку встановлювали обсяги сушіння у планових величинах, які для кукурудзи обчислюються у тонно-відсотках (т-%) – це кількість вологи, видаленої з усього фізичного обсягу сушіння. Кількість вологи визначали за відомою формулою Дювала:

$$\lambda = \frac{(W_{\text{кач1}} - W_{\text{кач2}}) \cdot 100}{100 - W_{\text{кач2}}}, \% , \text{ де} \quad (1)$$

$W_{\text{кач1}}$ – середньозважена вологість качанів кукурудзи до сушіння;

$$W_{\text{кач1}} = 23,2 \%;$$

$W_{\text{кач2}}$ – середньозважена вологість качанів кукурудзи після сушіння;

$$W_{\text{кач2}} = 10,6 \%.$$

Середньозважену вологість качанів до сушіння ($W_{\text{кач1}}$) та після сушіння ($W_{\text{кач2}}$) визначали за формулами:

$$W_{\text{кач1}} = (W_1^3 \cdot 0,75) + (W_1^c \cdot 0,25);$$

$$W_{\text{кач2}} = (W_2^3 \cdot 0,8) + (W_2^c \cdot 0,2), \text{ де} \quad (2)$$

W_1 – вологість зерна і стрижня качанів до сушіння, %;

W_2 – вологість зерна і стрижня качанів після сушіння, %;

0,75 і 0,25 – співвідношення зерна і стрижнів до сушіння;

0,8 і 0,2 – співвідношення зерна і стрижнів після сушіння.

Виходячи із розрахунків, обсяг сушіння у плановому виразі становив 7143,6 т-%. На підставі цього встановлювали основні витрати на сушіння, які включали вартість палива, електроенергії і оплату праці обслуговуючого персоналу.

Витрати праці у процесі сушіння залежать від виду використаного палива (табл. 1). Так, при сушінні кукурудзи теплогенератором необхідно задіяти робітника для безперервної подачі палива, тимчасом як подача дизельного і газоподібного палива регулюється автоматично.

У камерних зерносушарках, при досліджуваних режимах сушіння, з качанів кукурудзи видаляється 21 т-% вологи за одну годину. Загальна тривалість роботи зерносушарки становить 340 год. Тому витрати на оплату праці для видалення 7143,6 т-% вологи становитимуть 40250 грн при спалюванні стрижнів качанів та 28670 грн – дизельного та газоподібного палива.

При розрахунку витрат на електроенергію враховували потужність всіх двигунів, задіяних в камерній кукурудзосушарці. Більша частина її потужності припадає на електродвигуни вентиляторів, які нагнітають теплоносії до сушильних камер, інша – на до-

1. Розрахунок погодинної оплати праці при сушінні качанів кукурудзи

Метод сушіння	Професія	Кількість, чол.	Розряд	Погодинна тарифна ставка	Доплата за роботу в нічний час		Всього, грн/год.
					%	грн	
За рахунок дизельного і газоподібного палива	Оператор	1	4	30,1	40	12,04	42,14
	Електромонтер	1	4	30,1	40	12,04	42,14
	Всього	2		60,2		24,08	84,28
Теплогенератором	Оператор	1	4	30,1	40	12,04	42,14
	Робітник	1	2	24,3	40	9,72	34,02
	Електромонтер	1	4	30,1	40	12,04	42,14
	Всього	3		84,5		33,8	118,30

поміжні двигуни, що забезпечують роботу паливних систем.

Теплогенератор, який працює на побічній продукції рослинництва, споживає більше електричної енергії, ніж паливна система на основі дизельного і газоподібного палива (табл. 2). При роботі теплогенератора

споживання електроенергії збільшується на 0,47–0,71 кВт·год у розрахунку на 1 т-%. Тому в наших дослідженнях вартість спожитої теплогенератором електричної енергії була більшою на 6528–9798 грн за період сушіння кукурудзи.

При розрахунку витрати палива врахо-

2. Розрахунок витрат і вартості електроенергії залежно від виду палива

Показник	Паливо		
	дизельне	газоподібне	стрижні качанів кукурудзи
Загальна потужність електродвигунів, кВт	65	60	75
Витрата, кВт·год.:			
- на 1 т-%	3,09	2,85	3,56
- всього	22100	20400	25500
Вартість електроенергії, грн:			
- на 1 т-%	5,93	5,48	6,85
- всього	42432	39162	48960

ували коефіцієнт теплоутворювальної здатності, а також вплив умов навколишнього середовища (табл. 3). Виходячи зі ступеня теплоутворювальної здатності палива, витрати були наступними: дизельне – 2,3 л; газоподібне – 2,6 кг; стрижні качанів кукурудзи – 8,8 кг в розрахунку на 1 т-%. У зв'язку з цим вартість спожитого палива становила відповідно 71,3; 37,7; 5,3 грн на 1 т-%, а загаль-

на – на весь обсяг сушіння – 509,3; 269,3; 37,7 тис. грн. Вартість стрижнів качанів оцінювали відповідно до ціни реалізації їх господарством – на рівні 600 грн/т.

Витрата палива в зерносушарках камерного типу великою мірою залежить від умов навколишнього середовища. Так, у теплу і суху погоду сушарка потребує менше енергії порівняно з холодною. Наприклад, при тем-

3. Розрахунок витрати і вартості палива

Показник	Паливо		
	дизельне	газоподібне	стрижні качанів кукурудзи
Теплоутворення, МДж/кг	41	35	11
Витрата, кг:			
- на 1 т-%	2,3	2,6	8,8
- всього	16430	18573	62864
Вартість палива, грн:			
- на 1 т-%	71,3	37,7	5,3
- всього	509300	269300	37700

пературі навколишнього середовища 23 °С для роботи сушарки потрібно 1420 МДж/год. теплової енергії, а при зниженні температурних показників до 14 °С витрати становлять 2100 МДж/год. [13]. У наших дослідях середньодобова температура становила близько 15 °С, і витрати теплової енергії дорівнювали 2030 МДж/год.

З вищенаведених розрахунків видно, що за використання теплогенератора, який працює на паливі, що є відходами рослинництва, витрати на електроенергію і оплату праці збільшуються порівняно з традиційними способами сушіння (табл. 4). Це зумовлено більш складним процесом подачі палива в камеру згоряння, а також наявністю додаткового електродвигуна для нагнітання повітря. Проте за рахунок нового способу сушіння і

використання більш дешевого палива можна заощадити близько 60–80 % від вартості традиційних способів сушіння, які базуються на використанні дизельного та газоподібного палива. Тому загальні витрати на сушіння качанів кукурудзи за використання дизельного палива становлять 1145 грн/т, газоподібного – 665 грн/т, стрижнів качанів – 250 грн/т. При цьому встановлено, що в разі використання стрижнів кукурудзи, будь-якого негативного впливу на технологічний процес сушіння не простежується – на його тривалість, динаміку і рівномірність підсушування качанів. Посівні якості й урожайні властивості насіння кукурудзи в разі енергоощадного методу сушіння були на рівні контролю (чинних методів сушіння) або перевищували його показники.

4. Техніко-економічна ефективність сушіння насіння кукурудзи залежно від виду палива в цінах 2018 р.

Показник	Одиниця виміру	Паливо		
		дизельне	газоподібне	стрижні качанів кукурудзи
Витрата палива:				
- питома	кг/т-%	2,3	2,6	8,8
- всього на сушіння	кг	16430	18573	62864
Витрата електроенергії:				
- питома	кВт х год./т-%	3,09	2,85	3,56
- всього на сушіння	кВт х год.	22100	20400	25500
Оплата праці:				
- заробітна плата	грн/т-%	4,01	4,01	5,63
- всього на сушіння	тис. грн	28,67	28,67	40,25
Вартість сушіння, всього:				
- паливо	тис. грн	509,3	269,3	37,7
- електроенергія	тис. грн	42,4	39,2	49,0
Всього	тис. грн	580,37	337,17	126,95
	грн/т	1145	665	250

Висновки. Визначено техніко-економічну ефективність сушіння насіння кукурудзи в камерних сушарках типу СКП з використанням різних видів палива – дизельного, газоподібного і стрижнів качанів кукурудзи. З'ясовано, що за рахунок останнього різновиду палива, можна мати значний економічний ефект – вартість сушіння знижується на 415–895 грн/т порівняно з іншими

досліджуваними видами палива.

З урахуванням вартості обладнання, монтажно-транспортних та пусконаладжувальних робіт строк окупності нового енергоощадного способу сушіння кукурудзи становитиме 1,5–2,5 роки залежно від виду палива. Крім того, можна добитися повної незалежності від поставок палива і коливання цінової політики на нього.

Використана література

1. Алейников В. И. Комплексное совершенствование процесса сушки в шахтных и камерных зерносушилках. *Научные работы ОДАХТ*. Одеса, 2002. Вип. 24. С. 28–31.
2. Станкевич Г. М., Овсянникова Л. К. Розробка енергоощадної технології сушіння зерна в зерно-

- сушарках малої продуктивності. *Наукові праці ОДАХТ*. Одеса, 2002. Вип. 21. С. 24–26.
- Кирпа Н. Я. Методология энергосбережения при сушке высоковлажных зернопродуктов. *Современные энергосберегающие тепловые технологии: Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2002*. С. 83–87.
 - Атаназевич В. И. Сушка зерна. Москва: Агропромиздат, 1989. 240 с.
 - Кирпа М. Я., Кулик В. О. Енергоощадні прийоми у технологіях сушіння насіння кукурудзи. *Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степ. зони НААН України*. 2016. № 11. С. 82–87.
 - Кирпа Н. Я. Двухстадийная сушка семян кукурузы. *Селекция и семеноводство кукурузы: сб. науч. тр. ВНИИ кукурузы. Днепропетровск, 1986*. С. 174–181.
 - Станкевич Г. М., Страхова Т. В., Атаназевич В. И. Сушіння зерна: підруч. Київ: Либідь, 1997. 352 с.
 - Жидко В. И., Резчиков В. А., Уколов В. С. Зерносушение и зерносушилки. Москва: Колос, 1982. 239 с.
 - Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002. [Чинний від 2000-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Національний стандарт України).
 - Кирпа Н. Я. Семена: особенности определения качества и подготовка к севу. *Хранение и переработка зерна*. 2016. № 2 (199). С. 23–26.
 - Техніко-технологічний регламент післязбиральної обробки та зберігання високоякісного насіння гібридів кукурудзи: наук.-метод. вказівки / підгот. М. Я. Кирпа та ін. Дніпропетровськ, 2015. 26 с.
 - Леснікова І. Ю., Харченко Є. М. Основи роботи і вирішення задач сільського господарства в середовищі електронних таблиць EXCEL. Дніпропетровськ: Пороги, 2002. 147 с.
 - Кирпа М. Я. Нормування витрат палива при сушінні насіння кукурудзи. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва*. 2001. № 15–16. С. 37–41.
 - [in Ukrainian]
 - Kyrpa, N. Ja. (2002). Methodology of energy saving drying of high-moisture grain products. *Sovremennye jenergosberegajushhie teplovyje tehnologii: Mezhdunar. nauch. prakt. konf. [Modern energy-saving thermal technologies: Int. Sci.-Pract. Conf.]*, 83–87, Moscow, Russia. [in Russian]
 - Atanazevich, V. I. (1989). *Sushka zerna* [Grain drying]. Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
 - Kyrpa, M. Ja., Kulyk, V. O. (2016). Energy-saving techniques in corn seed drying technology. *Bjuletен' Instytutu sil'skogo gospodarstva stepovoi' zony NAAN Ukraїny* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone of the NAAS of Ukraine], 11, 82–87. [in Ukrainian]
 - Kyrpa, N. Ja. (1986). Two-stage drying of corn seeds. *Selekcija i semenovodstvo kukuruzy* [Corn breeding and seed production], 174–181. [in Ukrainian]
 - Stankevych, G. M., Strahova, T. V., Atanazevych, V. I. (1997). *Sushinnja zerna* [Grain drying]. Kyiv: Lybid'. [in Ukrainian]
 - Zhidko, V. I., Rezhchikov, V. A., Ukolov, V. S. (1982). *Zernosushenie i zernosushilki* [Grain drying and grain dryers]. Moscow: Kolos. [in Russian]
 - Nasinnja sil'skogospodars'kyh kul'tur. Metody vyznachennja jakosti: DSTU 4138–2002* [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
 - Kyrpa, N. Ja. (2016). Seeds: features determine the quality and preparation for planting. *Hranenie i pererabotka zerna* [Storage and processing of grain], 2 (199), 23–26. [in Ukrainian]
 - Kyrpa, M. Ja., Skotar, S. O., Baziljeva, Ju. S., Lupit'ko, O. I., Bondar, L. M. (2015). *Tehniko-thenologichnyj reglament pisljazbyral'noi' obrobky ta zberigannja vysokojakisnogo nasinnja gibrydiv kukurudzy* [Technological and technological regulations for post-harvest processing and storage of high quality seeds of hybrids of maize]. Dnipropetrovsk: N. p. [in Ukrainian]
 - Lesnikova, I. Ju., Harchenko, Je. M. (2002). *Osnovy roboty i vyrishennja zadach sil'skogo gospodarstva v seredovyshhi elektronnyh tablyc' EXCEL* [Fundamentals of work and decision of problems of agriculture in the environment of spreadsheets EXCEL]. Dnipropetrovsk: Porogy. [in Ukrainian]
 - Kyrpa, M. Ja. (2001). Rationing of fuel consumption when sowing shrimp seeds of corn. *Bulletine Institute zernovoho hospodarstva* [Bulletin of Institute of grain farming], 15–16, 37–41. [in Ukrainian]

References

- Alejnikov, V. I. (2002). Comprehensive improvement of the drying process in the mine and chamber grain dryers. *Naukovi pracі ODAHT* [Scientific works ONAFT], 24, 28–31 [in Ukrainian]
- Stankevych, G. M., Ovsjannykova, L. K. (2002). Development of energy-saving technology for drying grain in grain-dryers of low productivity. *Naukovi pracі ODAHT* [Scientific works ONAFT], 21, 24–26

УДК 633.15:631.53.026

Кирпа Н. Я., Кулик В. А., Йова А. В. Энергосберегающая сушка семян кукурузы и её технико-экономическая эффективность. Зерновые культуры. 2018. Т. 2. № 2. С. 226–231.

Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН, ул. Владимира Вернадского, 14, Днепр, 49027, Украина

ООО "Аеросфера", ул. Заречная, 64, с. Александровка, Днепропетровский район, Днепропетровская область, 52041, Украина

Определена технико-экономическая эффективность энергосберегающего метода сушки семян кукурузы при использовании стержней початков кукурузы в сравнении с другими традиционными

ми видами топлива на основании сушилки камерного типа СКП.

Установлены общие основные затраты, необходимые для процесса сушки: стоимость топлива, электроэнергии и заработной платы. В соответствии с продолжительностью и объёмами сушки затраты на оплату труда составили 40,3 тыс. грн. в случае использования стержней початков кукурузы и 28,7 тыс. грн. – традиционных видов топлива. Затраты на электроэнергию отличались в зависимости от вида топливной системы зерносушилки. Так, при использовании теплогенератора для сжигания биомассы затраты на электроэнергию были выше на 6528–9798 грн. за период сушки в сравнении с топливными системами, работающими на дизельном и газовом топливе. Стоимость использованного топлива за период сушки составляла: дизель – 509,3 тыс. грн.; газ – 269,3 тыс. грн.; стержни початков – 37,7 тыс. грн. Установлено, что при использовании стержней початков стоимость сушки уменьшалась на 60–80 % относительно других традиционных видов топлива, к тому же отрицательного влияния этого вида топлива на посевные и урожайные свойства семян не прослеживалось.

Ключевые слова: початки кукурузы, камерная сушилка, энергосберегающая сушка, виды топлива, технико-экономические показатели.

UDC 633.15:631.53.026

Курпа М. Я.¹, **Кулык В. О.**¹, **Юва О. В.**² *Energy-saving drying of corn seed and its technic and economic efficiency. Grain Crops. 2018. 2 (2). 226–231.*

¹SE Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences, 14, Volodymyr Vernadskyi Str., Dnipro, 49027, Ukraine

²LTD «Agrosfera», 64 Zarichna Str., Oleksandrivka vilage, Dniprov's'kyj district, Dnipropetrovs'ka region, 52041, Ukraine

In the process of post-harvest processing of corn seeds, drying of wet swaths is the most responsible and energy-consuming process. Quality and value of the product – seed and its competitiveness on the market of seeds depend on it. Today, the problem of energy saving is becoming increasingly relevant due to the significant increase in energy prices, which cost about 90 % of all drying costs. The purpose of the work is based on the determination of the technical and economic efficiency of drying corn swaths using such types of fuel as corn cobs, diesel and gaseous. The main costs of the drying process, which include the cost of fuel, electricity and wages, are established. According to the duration and volume of drying, labor costs amounted to 40.3 thousand UAH in case of use of corncobs and 28.7 thousand UAH – traditional types of fuel. Electricity costs varied depending on the type of fuel system of the dryer. So, when using a heat generator for burning biomass, the cost of electricity was higher by UAH 6528-9798 for the entire drying period compared with fuel systems for diesel and gaseous fuels. The cost of consumed fuel for the entire drying period was: diesel – 509.3 thousand UAH; gaseous – 269,3 thousand UAH; cobs of swaths – 37,7 thousand UAH. It is established that due to the use of the pockets of cobs, the cost of drying is reduced by 60–80 % relative to other traditional types of fuel, while the negative effect on the technological process of drying is not observed – its duration, dynamics and uniformity of drying of swaths. After drying in the energy-saving complex, the seed and yield properties of the seeds were at the control level or exceeded it.

Key words: corn cobs, chamber dryer, energy saving drying, fuel types, technical and economic indicators.