

4. Сизиков К. Богдановичский ККЗ: постоянное развитие – ключ к успеху [Текст] / К. Сизиков // Комбикорма. – 2012. – № 2 – С. 47–48.
5. Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбикормової продукції [Текст] : затв. наказом Агропромислового комплексу України 20.03.98. – Київ: МАКУ і КІХ, 1998. – 256 с.
6. Єгоров Б.В. Методика розрахунку витрат енергії на технологічний процес змішування комплексних наповнювачів преміксів [Текст] / Б.В. Єгоров, О.Г. Бурдо, В.С. Браженко // Наукові праці ОНАХТ. – 2004. – № 27. – С. 36–41.
7. Правила техніки безпеки і виробничої санітарії на підприємствах по зберіганню та переробці зерна Міністерства хлібопродуктів СРСР [Текст] : НПАОП 15.0-1.01-88 НАОП 8.1.00-1.01-88. – затв. наказом Міністерства хлібопродуктів СРСР № 99 1988-04-18. – М.: Міністерства хлібопродуктів СРСР. – 1988. – Ч. I, – 209 с.
8. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Текст] : ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. – введен в действие 1992-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – 1992. – 9 с.

УДК [664.723-047.37:633.15] : 631.365

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗЕРНОСУШАРОК ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ТА РЕЖИМАХ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор, Страхова Т.В., канд. техн. наук, доцент,
Будюк Л.Ф., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Наведено аналіз та результати порівняльних досліджень різних способів сушіння зерна кукурудзи, зокрема, способу «сушіння – вдень, охолодження – вночі» та двоетапного. Показана їх сутність при застосуванні існуючих та сучасних сушарок, а також можливість підвищення продуктивності ліній сушіння та якості просушеного зерна кукурудзи.

The analysis and the results of comparative studies of different methods of drying corn, in particular, the method of «dry – day cooling – at night» and two-stage. Shown their essence exists in the application-believers and modern dryers, and the ability to improve productivity and quality of drying lines dried corn first.

Ключові слова: зерно кукурудзи, зерносушарки, сушіння, охолодження, продуктивність..

Постановка задачі. Одне з цільних місць серед зернових культур, що вирощуються в Україні, займає кукурудза. За останні 13 років частка кукурудзи серед інших зернових культур в Україні зросла з 16 % до 49 % (рис. 1).

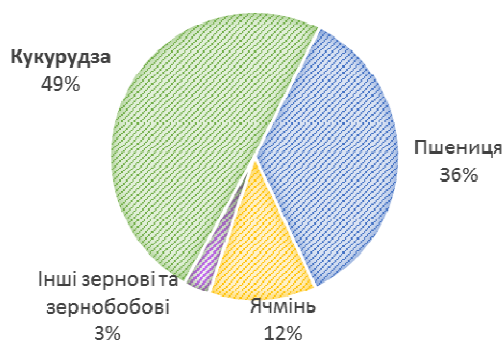


Рис. 1 – Структура виробництва зернових культур в Україні, 2013 р.

Ця культура стала вигідною для товаровиробників аграрного сектора. Інвестори дуже зацікавлені у вкладанні коштів у вирощування кукурудзи. За останні 3 роки виробництво кукурудзи збільшилось майже в 3 рази – з 12 млн. т в 2010 р. до 31 млн. т в 2013 р. (рис. 2). Значна частина врожаю йде на експорт, адже кукурудза є основною фуражною культурою у світі.

Обсяги виробництва кукурудзи в світі, окрім посушливого 2012-2013 сезону, постійно зростали.

Зважаючи на те, що кукурудза надходить з поля переважно зі значною вологістю, її треба терміново сушити. Але саме в її сушінні є велика проблема, оскільки його потрібно організувати в потоці так, щоб зерносушарка справлялася з необхідними об'ємами приймання вологого зерна. На зернових перевантажувальних терміналах зазвичай лінія сушіння відсутня, тому практично весь об'єм вологого зерна кукурудзи припадає на заготівельні елеватори, хлібоприймальні підприємства (ХПП) та металеві елеватори. Від зерносушарок залежить також якість просушеної кукурудзи, адже вона

у процесі сушіння піддається розтріскуванню, збільшуючи у подальшій обробці кількість битого зерна, що є дуже критичних при експорті кукурудзи. Таким чином збільшення продуктивності зерносушарок та якості просушеного зерна кукурудзи є актуальним завданням.

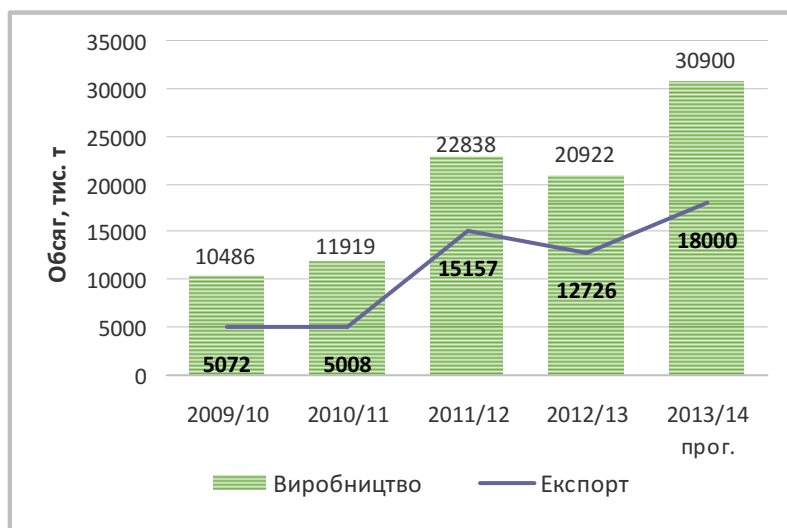


Рис. 2 – Динаміка виробництва та експорту кукурудзи

охолодження – вночі» використовують переважно на зерносушарках типу ДСП, прив'язаних до елеваторів [1]. Суть цієї технології полягає у тому, зерно сушать лише вдень, а охолоджують тільки вночі. При цьому зерно сушать не до кінцевої вологості, а недосушують на 1,5...2,0 %. Після цього його направляють у тепломасообмінник для відлежування, у якості якого використовують один із силосів елеватора. Якщо це спосіб використовувати на хлібоприймальних підприємства (ХПП), то необхідно лінії сушіння до оснащувати додатковими місткостями (бункерами чи металевими силосами).

Вночі, після відлежування зерна, під час якого відбувається вирівнювання температури окремих зерен та переміщення вологи з внутрішніх шарів зерна до його поверхні, зерно охолоджують, повертаючи його з силоса-тепломасообмінника у ту ж сушарку. При цьому, в залежності від температури навколишнього середовища охолодження зерна проводить одним, двома чи навіть трьома вентиляторами зерносушарки. Це дає змогу за час охолодження зерна у нічний час довести вологість зерна до кінцевої та надійно його охолодити. Враховуючи, що вночі температура навколишнього середовища значно нижча, ніж у день, зерно охолоджується до значно менших температур, ніж це було б у денний період часу, що сприяє його кращому зберіганню.

Для реалізації цього способу сушіння, зону охолодження сушарки підключають до топки, перетворюючи її на сушильну. Наявність ще однієї зони сушіння значно підвищує продуктивність зерносушарки. Крім того, зерно при сушінні вдень зерна недосушують на 1,5...2,0 % відносно його кінцевої вологості. Це також дещо підвищує продуктивність сушарки, та економить витрати палива на сушіння. Сушіння вдень потребує менших затрат палива ще й за рахунок більш високої температури навколишнього середовища у денний час.

Досвід показує, що технологія «сушіння – вдень, охолодження – вночі» дозволяє збільшити продуктивність зерносушарок типу ДСП-320т майже на 30...40 %, а також зменшити витрати палива та електроенергії на сушіння на 10...15 % [1].

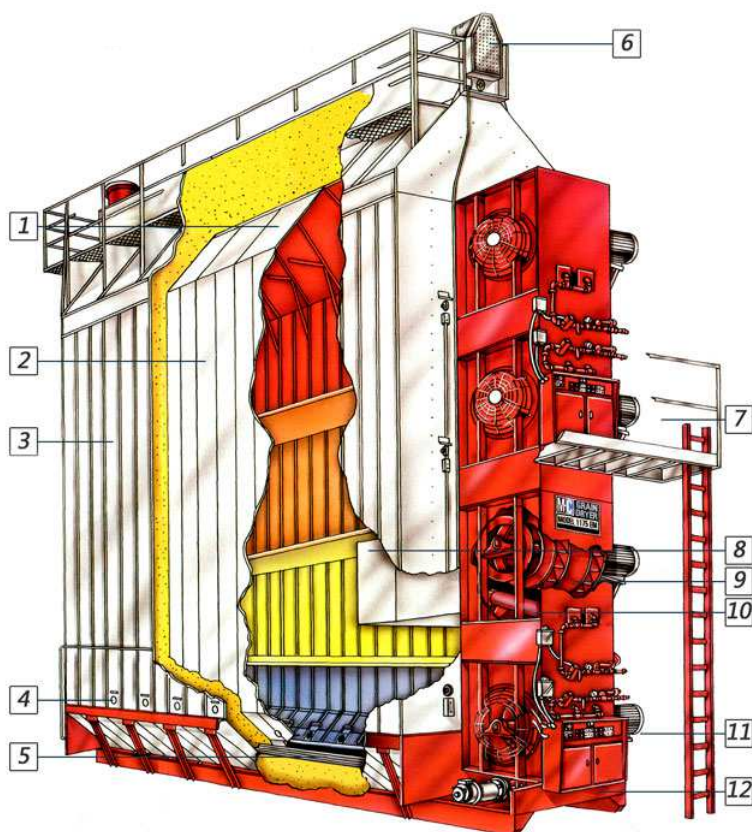
За роки незалежності України будуються тільки металеві елеватори. Багато холдингів, які мають нові елеватори, оснащують їх зерносушарками іноземного виробництва. Проведений аналіз виявив, що найбільш розповсюдженою в Україні є іноземна зерносушарка МС-3180, яка відноситься до модульних колонкових сушарок. Зовнішній вигляд та устрій сушарки показано на рис. 3. Вона в залежності від продуктивності має певну кількість зон, обладнаних теплогенераторми. Це робить її гнучкою у роботі – в залежності від початкової вологості зерна можна вибирати необхідну кількість сушильних та охолоджувальних зон, або ж сушити зерно всіма зонами без його охолодження. Останнє дозволяє легко реалізувати двох стадійний спосіб сушіння зерна.

Система автоматичного контролю температури дозволяє переналагоджувати проходження потоку зерна через сушарку при різних рівнях вологості зерна. Швидкість вивантаження зерна з сушарки регулюється на підставі показань терморезистора, що знімає показання температури зерна з максимальною точністю.

Метою роботи був аналіз та обґрунтування способів сушіння, які дозволяють збільшити пропускну здатність зерносушарок та підвищити якість просушеного зерна.

Результати та їх обговорення. Аналіз літературних джерел показав, що серед відомих способів удосконалення технології сушіння зерна найчастіше звертаються до технології двохстадійного сушіння та близького до нього – способу «сушіння – вдень, охолодження – вночі», які дозволяють збільшити продуктивність сушарок, поліпшити якість зерна та зменшити витрати палива на сушіння [1, 2, 3].

Технологію «сушіння – вдень,



1 – панелі зовнішньої приймальної секції з щільною перфорацією для захисту від просіювання сміття та битого зерна у сушильні камери; 2 – місце розташування терморезистора для контролю температури нагрівання зерна; 3 – решета із оцинкованої чи нержавіючої сталі, або з алюмінію; 4 – аварійні канали з люками для швидкого розвантаження сушарки; 5 – регулюючі валки для подачі зерна на вивантажувальний шнек по всій довжині сушарки; 6 – електродвигун завантажувального шнека; 7 – верхня площадка для обслуговування сушарки; 8 – камера для змішування гарячого та холодного повітря; 9 – відцентрові вентилятори для двостороннього забирання повітря; 10 – регульовані пальники; 11 – панель контролю та управління сушаркою; 12 – зварна основа сушарки

Рис. 3 – Загальний вигляд зерносушарки MC-3180

на 39,9 % менше порівняно з двохстадійним способом.

Таким чином, при двохстадійному способі сушіння тріщинуватість зерен кукурудзи значно менша, що дозволить зменшити кількість битих зерен.

Таблиця 1 – Показники якості кукурудзи до та після сушіння

Спосіб сушіння	До сушіння		Після сушіння		Продуктивність зерносушарки, т/год
	Вологість, %	Тріщинуватість, %	Вологість, %	Тріщинуватість, %	
Двохстадійний	25,18	14	17	50	43,1
Звичайний	25,00	15	14	65	30,8

В процесі проведення дослідження були проаналізовані тако жрізні режими сушіння в залежності від початкової вологості. Результати представлені на гістограмі (рис. 4), яка демонструє температурні режими при звичайному способі сушіння. Як видно, в усіх інтервалах вологості друга та перша зона є зонами

Використання вказаної зерносушарки дозволяє досить просто організувати двохстадійний спосіб сушіння [2]. Цей спосіб передбачає використання всіх зон зерносушильного агрегату під тепловим навантаженням, тобто тільки для його сушіння. Охолодження зерна в сушарці не проводиться і воно на виході з сушарки має температуру близько 45-55 °С та вологість, яка на 1,5...2,0 % перевищує кінцеву. Потім зерно направляється у металевий силос, де відбувається його відлежування протягом 16...20 год, і після цього проводиться охолодження зернової маси протягом 16...18 годин за допомогою системи активного вентилявання, що одночасно забезпечує підсушування зерна до кінцевої кондиційної вологості.

Нами у виробничих умовах кількох підприємств були проаналізовані окремі показники якості зерна кукурудзи до та після сушіння за звичайним та двохстадійним способами сушіння. Отримані результати наведено в табл. 1.

Як видно, до сушіння при двохстадійному способі вологість зерна дорівнювала 25,18 %, тріщинуватість 14 %, а після сушіння вологість склала 17 %, а тріщинуватість збільшилась до 50 %. При цьому продуктивність зерносушарки дорівнювала 43,1 т/год.

При звичайному способі сушіння середня початкова вологість кукурудзи дорівнювала 25,3 %, тріщинуватість 15 %, а після сушіння вологість склала 14 %, а тріщинуватість збільшилась до 65 %. Продуктивність дорівнювала 30,8 т/год, що

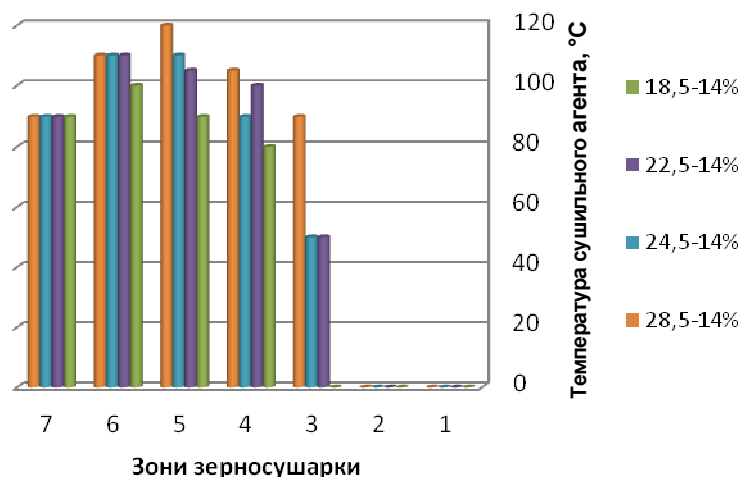


Рис. 4 – Температурні режими при звичайному сушінні

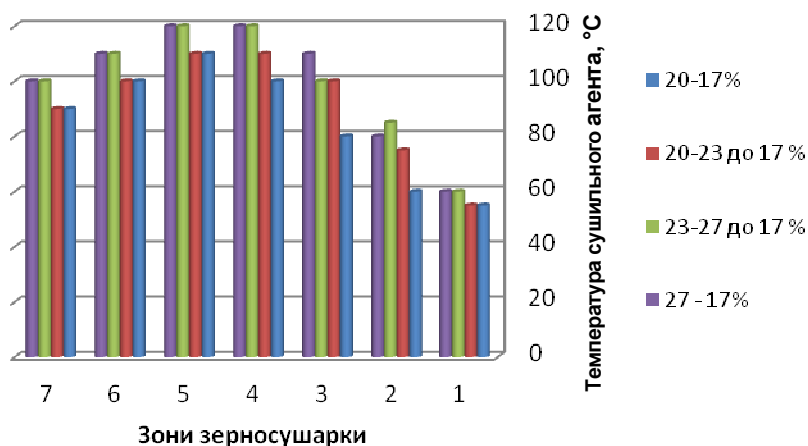


Рис. 5 – Температурні режими при двохстадійному способі сушіння

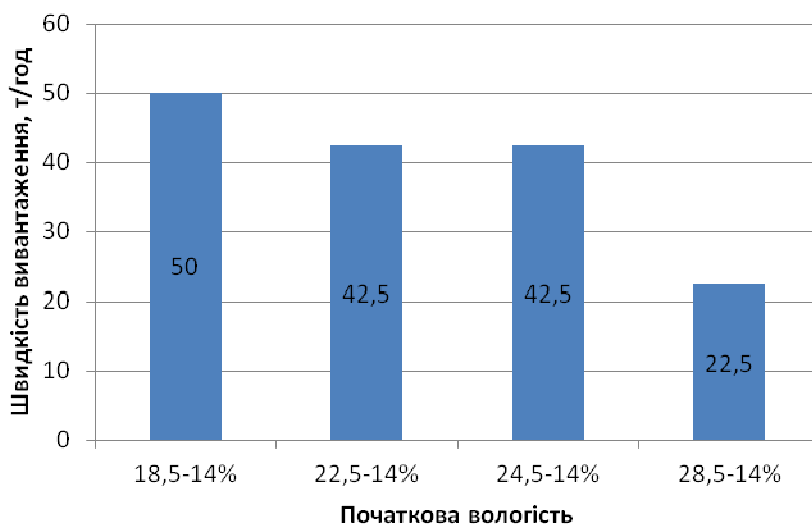


Рис. 6 – Залежність початкової вологості від швидкості вивантаження при звичайному сушінні

охлаждения. Зона 7 є самою першою і для всіх інтервалів вологості температура сушильного агента однакова і дорівнює 90 °С. Максимальну температуру 120 °С застосовують тільки при вологості більшій за 28 %. Сушіння відбувається до вологості 14 %.

На рис. 5 представлена гістограма температурних режимів сушіння кукурудзи при двохстадійному сушінні. В цьому випадку зони охолодження відсутні, тобто всі зони сушарки працювали під тепловим навантаженням. При початковій вологості в 27 % найбільша температура сушильного агента 120 °С була в двох зонах. Сушіння відбувалось до 17 % вологості.

На рис. 6 зображена діаграма, яка демонструє залежність швидкості вивантаження зерна з зерносушарки (тобто її продуктивності) від початкової вологості зерна при звичайному способі сушіння, а на рис. 7 – при двохстадійному. При порівнянні видно, що при вологості 28 % у першому випадку продуктивність зерносушарки дорівнює 22,5 т/год, а у другому 37,5 т/год. Тобто продуктивність при двохстадійному способі сушіння більше на 66,7 %.

Це показує, що двохстадійне сушіння дозволяє суттєво збільшити продуктивність зерносушарки, тобто збільшити пропускну здатність лінії сушіння на підприємстві.

На другій стадії двохстадійного способу, після сушіння кукурудзи на зерносушарці МС-3180 до вологості 17 % зерно відправлялось до силоса з активним вентиляванням, де спочатку відбувалось його відлежування і перерозподіл вологи по перерізу зернин та між зернами. Далі кукурудзу вентилявали, що призводило як до її охолодження, так і до зниження вологості зерна до 14 %. На рис. 8 представлена діаграма на якій показані всі операції, які відбуваються після сушіння зерна.

Оскільки завантаження зерна в силос займає 24 год, то відлежування відбувається нерівномірно: нижній шар зерна відлежується більше часу, ніж верхній і тому, після повного завантаження силоса, потрібно знову провести відлежування кукурудзи ще 4 год. А потім проводять активне вентиляювання кукурудзи протягом 16 годин, що дозволяє охолодити її та знизити вологість до 14 %. Вивантаження кукурудзи з силоса складає 4 год.

Таким чином сумарний час, необхідний на вилучення вологи з кукурудзи складає 48 год, тобто дві доби. При реалізації цього способу сушіння треба обов'язково уважно розрахувати необхідну кількість та місткість бункерів з активним вентиляюванням. При цьому вважається, що мінімально треба два таких бункера.

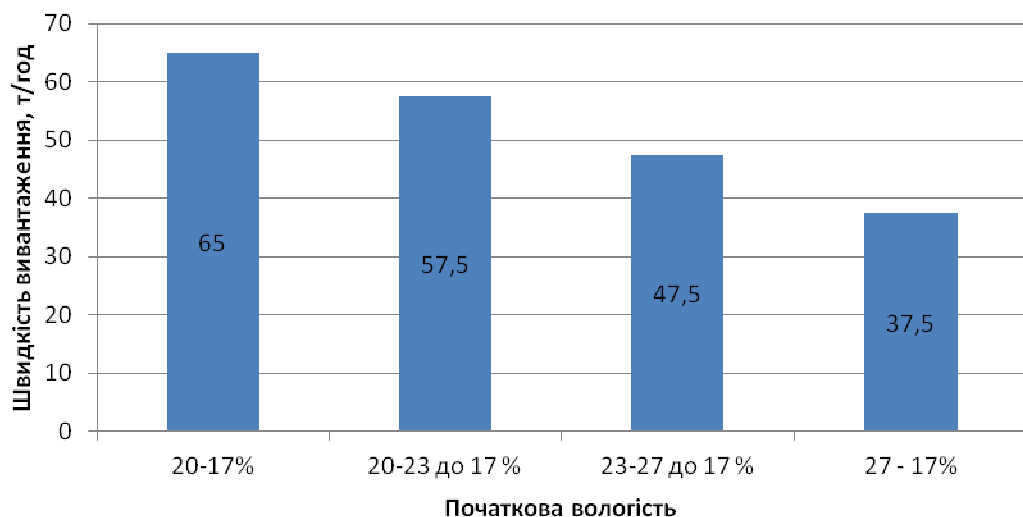


Рис. 7 – Залежність швидкості вивантаження при двохстадійному способі сушіння від початкової вологості зерна

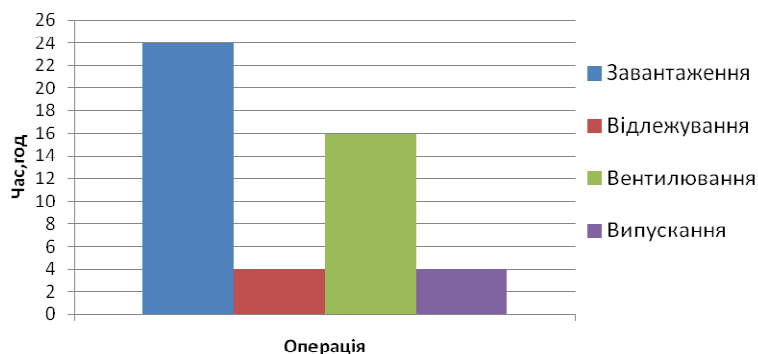


Рис. 8 – Операції з зерном на другому етапі

Однак в процесі проведення активного вентиляювання можуть виникнути деякі проблеми, а саме: відносна вологість повітря, яке використовується при активному вентиляюванні, може бути

високою внаслідок поганої погоди. Це може призвести до зволоження зерна (зростання його вологості). Тому, в цьому випадку необхідно ретельно контролювати параметри навколишнього повітря та зерна. Бажано також встановлювати електронні блоки управління вентиляюванням (ЕБУВ), які дозволяють проводити активне вентиляювання в автоматичному режимі, що суттєво простіше ручного. Можна також додатково встановлювати перед вентиляторами осушувачі повітря і тільки

потім подавати в силос на охолодження зовнішнє повітря зі зниженим вологістем.

Висновки. Таким чином, проведені дослідження показали, що двохстадійне сушіння дозволяє суттєво збільшити продуктивність зерносушарки (на 39,9...66,7 %) а значить і обсяги сушіння кукурудзи в потоці приймання. Крім того, використання розглянутих способів сушіння дозволить частково зменшити витрати палива і електроенергії.

Література

1. Атаназевич В.И. Сушка зерна. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 480 с.
2. Активне вентиляювання та сушіння зерна / О.І. Гапонюк, М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич, І.І. Гапонюк. – Одеса: ВМВ, 2014. – 326 с.
3. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: КолосС, 2004. – 240 с.