

АНАЛІЗ БУДОВИ ТА ФУНКЦІЮВАННЯ ЗЕРНОСУШАРОК ШАХТНОГО ТИПУ

В. Кравчук, д-р техн. наук, проф., чл.-кор. НААН України,
<https://orcid.org/0000-0002-7991-0351>,

М. Занько, канд. техн. наук,
e-mail: NikolaiZanko82@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

О. Лисак, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>
ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Анотація

Мета статті: дослідження особливостей будови, функціонування та показників призначення шахтних сушарок виробництва провідних компаній.

Методи досліджень: аналітичний огляд та аналіз конструкцій за даними компаній-виробників шахтних зерносушарок.

На ринку України зарубіжні фірми пропонують широкий вибір шахтних сушарок для сушіння зерна з продуктивністю до 225 т/год та вологістю більше 40 %. В основі їхніх конструкцій – сушильна шахта, в яку паралельними рядами вмонтовано короби з оцинкованими впускними і випускними повітропроводами конічної форми, розміщеними в шаховому порядку. По висоті шахта розділена на зони нагрівання і охолодження. Зерно в прямоточній шахті переміщується самопливом, зверху донизу один раз, знижуючи свою вологість на 6-7 %.

У більшості шахтних сушарок реалізована функція рекуперації тепла – забір тепла від гарячого зерна і повернення підігрітого повітря назад в сушарку, що дає не тільки економію палива, але й електроенергії. Сушіння зерна на українських елеваторах свідчить, що саме шахтні зерносушарки переважають сушарки – аналоги інших типів з точки зору економічності. Причина цього – теплообмін відбувається за допомогою підвідних і відвідних коробів, які дають змогу рівномірно розподілити загальний обсяг теплоносія в шахті зерносушарки.

Висновки. Зерносушарки шахтного типу характеризуються:

- високою продуктивністю сушіння;
- пристосованістю до роботи з використанням газу та біопалива;
- універсальністю щодо сушіння зерна і насіння різних культур;
- ефективною роботою системи відокремлення пилу від зерна;
- низьким рівнем шуму під час роботи;
- пристосованістю до якісного очищення шахти під час переходу на сушіння іншої культури;
- простим обслуговуванням та експлуатацією.

Головні критерії у виборі сушарки – продуктивність, універсальність сушіння широкої гами зерна та насіння, економічність процесів сушіння, адаптація до сушіння з використанням біопалива, ціна сушарки.

Ключові слова: шахтна зерносушарка; особливість конструкції; сушильна камера; технологічні режими (вологість зерна та продуктивність сушіння); витрати енергоносія.

Суть проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. Сушіння зерна є одним із найважливіших етапів його обробки та підготовки до зберігання. Сьогодні на ринку

України наявні зернові сушарки з різноманітними конструкційними ознаками та характеристиками процесу сушіння. За принципом побудови конструкції сушарки поділяються на мобільні, стаціонарні

баштові, модульні та шахтні [1-3].

Довголітня практика експлуатації зерносушарок в умовах України засвідчує, що зараз найбільш поширеними є зерносушарки шахтного типу [4]. Природно, застосовується велика кількість сушарок від різних фірм-виробників, країн і навіть континентів [4].

Сушарки мають багато особливостей, які визначають їхні характеристики: продуктивність сушіння, витрати палива і тепла на 1 тоннопроцент [5-6]. Однак наявна інформація щодо них – розрізнена. Це не сприяє їх об'єктивній оцінці та ефективності використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання цієї проблеми. У виборі зерносушарки необхідно враховувати безліч чинників для того, щоб вона була економічною і простою в експлуатації і її вибір максимально відповідав потребам господарства або елеватора [4]. Визначальною особливістю зерносушарки шахтного типу є її універсальність, тобто придатність для сушіння різних зернових культур. Тому для сушіння всіх сипких культур у великих і середніх підприємствах з великими обсягами переробки різних зернових культур найбільше підходять шахтні сушарки [3].

Важливим їхнім плюсом є також здатність сушити зерно будь-якої вологості, навіть більше за 40 %, забезпечуючи при цьому високу рівномірність сушіння. Окремо необхідно виділити рекуперацію тепла – здатність забору тепла від гарячого зерна і повернення підігрітого повітря назад в сушарку, що дає не тільки економію палива та електроенергії, а в холодну пору року не дозволяє знизити продуктивність зерносушарки. Купуючи сушарку, необхідно звернути особливу увагу на її продуктивність, яка повинна відповідати потужності (щодо запасів зерна для сушіння) господарства. З продуктивністю пов'язані, як правило, її габарити: чим більша продуктивність сушарки, тим вона більша за об'ємом і висотою. Тому шахтні сушарки мають значну висоту, яка досягає 20-25 м. Єдиний вагомий мінус шахтних

зерносушарок – необхідні значні «стартові» інвестиції для їх придбання. Цей мінус окупається з надлишком виконанням сушаркою великого обсягу робіт (просушування), оскільки операційні витрати на роботу шахтних сушарок найнижчі порівняно з сушарками інших типів.

Мета статті: дослідження конструкційних особливостей будови і функціонування, показників призначення, позитивних переваг та недоліків сушарок шахтного типу.

Виклад основного матеріалу (результати досліджень). Шахтна зерносушарка складається з однієї або двох прямокутних вертикальних камер – шахт, які заповнюються зерном по всій висоті. Верхня частина шахти – сушильна камера з однією або кількома зонами сушіння, нижня – охолоджувальна камера. Над шахтами змонтовано бункери, в яких міститься запас зерна. Усередині вертикальної сушильної шахти горизонтальними рядами в шаховому порядку розташовані, відкриті знизу, металеві коробки різних форм. Кожна шахта по висоті розділена на сушильну і охолоджувальну камери, які продовжують одна одну. Сушарка, в яку подається зерно під дією сили тяжіння, встановлена на фундаменті. З нижньої частини шахти спеціальною системою подається підігріте повітря, яке і сушить зерно [3-4].

Сушильна шахта встановлена на опорі і являє собою сталю конструкцію, в яку паралельними рядами вмонтовано коробки. У верхній частині зерносушарки розміщується накопичувальна резервна секція, тобто бункер, куди транспортним устаткуванням подається вологе зерно. Встановлені в цій секції датчики верхнього і нижнього рівня зерна забезпечать безперервне заповнення зерносушарки в автоматичному режимі, вмикаючи і вимикаючи завантажувальні пристрої. Коробки мають оцинковані впускні і випускні повітропроводи конічної форми, розміщені в шаховому порядку. По висоті шахта розділена на дві зони: нагрівання і охолодження. Зерно в шахті переміщується самопливом – зверху донизу.

Оцінка економічності сушарок різних

типів проводиться порівнянням затрат енергоносія (газу, біопалива) за зниження вологості 1 тонни зерна кукурудзи на 1% [5]. Результати свідчать, що шахтні сушарки витрачають газу менше на 0,3- 0,5 м³ на 1 т · %.

Для оптимізації процесу сушіння зерна та зниження витрат, вибираючи нову сушарку та монтуючи її, слід звертати увагу на такі моменти:

- сушіння зерна повинно проводитися дбайливо, без травмування і перегріву, з мінімальною кількістю транспортних механізмів і пристроїв;

- сушарка повинна мати щадний режим та процес сушіння, тобто мінімум механічних пошкоджень. Це означає, що зерно по можливості повинне проходити через сушарку тільки раз і повільно під дією сили власної ваги;

- гаряча зона внутрішньої поверхні шахти і зовнішня обшивка сушарки повинні мати теплоізоляцію. Це дозволить істотно знизити неефективні витрати тепла в навколишнє середовище, а разом з ними і загальні витрати тепла і, відповідно, палива, особливо з урахуванням кліматичних умов зерновиробництва України;

- пальники і паливна автоматика повинні бути якісними. Цим самим буде забезпечено підтримку температури теплоносія на встановленому рівні в автоматичному режимі та разом з тим – економію палива;

- зерносушарка повинна працювати в автоматичному режимі і не залежати від можливого негативного впливу сторонніх факторів та помилок персоналу.

Сушарки, водночас із високими енергетичними показниками, мають серйозні проблеми з викидами зернового пилу, оскільки зерно, протікаючи крізь високу шахту згори вниз, безперервно стикається з поперечними (для потоку зерна) металевими коробами для подачі гарячого агента сушіння і охолоджувального повітря, здавлюється і стирається. Цей зерновий пил є надзвичайно вибухонебезпечним. Щоб його видалити з простору сушарки і тим самим запобігти викиду зернового

пилу в атмосферу, застосовуються відповідні та ефективні технічні рішення.

На сьогоднішній день на ринку України отримали широке розповсюдження зернові сушарки шахтного типу таких компаній-виробників [3]: «TORNUM» (Швеція), «Grain Handler» (США), «BONFANTI» (Італія), Kepler Weber (Бразилія), Ingenieria Mega (Аргентина), Monsun Lachenmeier (Данія), «Strahl» (Італія), STELA Laxhuber GMBH (Німеччина), RIELA (Німеччина), NEUERO (Німеччина), ВАТ “Карлівський машинобудівний завод” (Україна). Узагальнені технічні характеристики сушарок цих компаній (табл. 1) не дають детальної інформації про особливості їхньої конструкції і завдяки чому досягається велика продуктивності та затребуваність у споживачів. Разом з тим, кожна із них має суто свої, характерні особливості конструкції та технологічного принципу роботи, які і є визначальними у формуванні продуктивності.

Зерносушарки TORNUM (рис. 1) виробництва компанії «TORNUM» (Швеція) характеризуються унікальними технічними рішеннями, використаними в їхніх конструкціях. Сушильна шахта встановлена на опори і являє собою сталеву конструкцію, в яку паралельними рядами вмонтовано короби. Короби мають оцинковані впускні і впускні повітропроводи конічної форми, які розміщені в шаховому порядку. По висоті шахта

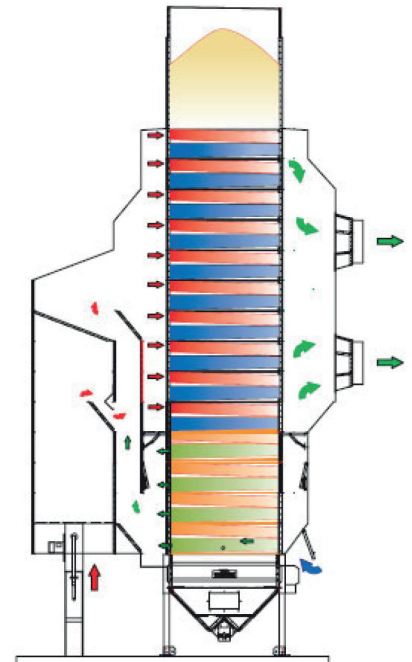


Рисунок 1 – Технологічна схема зерносушарки TORNUM із системою рециркуляції

Таблиця 1 — Узагальнені показники призначення зерносушарок шахтного типу

Модель сушарки	Продуктивність, т/год	Місткість, т	Висота, м	Довжина х ширина, м	Режим сушіння	Витрата газу, м ³ / т/ %
GDT 300 RIELLA	17***	62	23	Немає даних	Нагрівання -оохолодження	Немає даних
2xA1-ДСП-50 (Україна)	24*	386	20,5	12,1 x 11,5	Також	1,5****
NEUERO NDT 12-4	33*	188	20,5	12 x 6	-//-	1,3
TK 6-32 TORNUM	59**	153	20,9	Немає даних		Немає даних
CE, тип 15.000 BONFANTI	60**	Немає даних	31	7 x 5,5		1-1,06
24000 FR Strahl	71	385	33,45	9,3 x 9,1		1,16****
MEGA TC-420 (Аргентина)	225 (з 20 до 15%)	240	20,5	9,2 x 9,4 (ши- рина)		Немає даних
* при сушінні кукурудзи і зниженні вологи з 35 % до 15 %; ** при сушінні кукурудзи і зниженні вологи з 25 % до 15 %; *** при сушінні кукурудзи і зниженні вологи з 30 % до 15 %; **** при зниженні вологи на 1% на 1 тону зерна						

розділена на дві зони: нагрівання і охолодження. У верхній частині шахти розміщений бункер, який обладнаний завантажувальним пристроєм і датчиками рівня зерна. У нижній частині, для розвантаження сухого зерна із шахти, установлений розвантажувальний механізм із роликовим або електроімпульсним клапаном. Швидкість розвантаження зерна розраховується комп'ютерною системою управління на основі даних про температуру і вологість просушеного зерна.

Усі сушарки створені за модульною системою. Тому, виготовляючи нову модель, незалежно від розміру, використовуються одні й ті ж конструкційні елементи. І якщо необхідно сушити більші об'єми зерна, модульна конструкція сушарки дозволяє збільшити її розмір із внесенням мінімальних змін. Жорсткість вимог держави (Швеція) до всіх аспектів промислового виробництва стосується і до конструкції зерносушарок. Захист довкілля під час роботи сушарок TORNUM базується на використанні найсучасніших технологій для дотримання екологічних норм у виробничих приміщеннях і на прилеглих територіях. Усі добре знають, що пил є проблемою під час сушіння зер-

на. Що більше пилу потрапляє в сушарку під час завантаження зерна, то більше пилових викидів з'являтиметься у повітрі в процесі сушіння, забруднюючи територію навколо сушарки та довкілля загалом. Для контролю чистоти повітря сушарки комплектуються високоефективними фільтрами-вентиляторами. Блок контролю чистоти повітря TORNUM постачається з вентилятором для забезпечення максимального потоку повітря за мінімального рівня звуку. Вбудована очисна система затримує до 95 % пилу та легких домішок. За бажанням замовника нові сушарки можуть бути обладнані автоматичним вимкненням потоку повітря під час вивантаження зерна. Цей засіб, разом із розширеним каналом вологого повітря, значно зменшує об'єми викиду пилу із сушарки в навколишнє середовище і дозволяє звести їх до мінімуму. Для оптимального зниження звуку в конструкції сушарки, на вимогу, надаються різні типи глушників. Для очищення сушарки від пилу, який накопичується всередині каналу вологого повітря, передбачено гвинтовий шнек.

Конструкція сушарок серії «ТК» дозволяє підвищити ефективність процесу

сушіння за низького енергоспоживання: потужність газового пальника можна легко відрегулювати від 10 до 100 %.

Для сушарок використовуються всі найбільш поширені джерела тепла: газ, нафта, біопаливо та радіатори гарячої води. Залежно від моделі в сушарках TORNUM використовуються системи безпосереднього та опосередкованого нагрівання зерна. Під час безпосереднього нагрівання застосовують газові пальники або на рідкому паливі. Тепло в сушарку подається через спеціально сконструйовану камеру гарячого повітря. За вимогою можуть встановлюватись системи опосередкованого нагрівання, в яких використовуються топки для спалювання рідкого палива та теплообмінники – кілька радіаторів для гарячої води або пари. Для цього компанією TORNUM розроблені та застосовуються спеціальні радіатори. Пальники можуть працювати в автономному режимі. Потужність і робоча температура теплоносія задаються оператором і підтримуються автоматично заданою програмою. Різноманітні альтернативні можливості нагрівання сушарок гарантують дотримання сучасних екологічних стандартів залежно від вимог країни, де використовується сушарка. В усіх моделях сушарок застосовано високоефективний принцип змішаного потоку для забезпечення поступового та рівномірного сушіння зерна. Споживання енергії зменшено на 30 % порівняно зі стандартними сушарками безперервного змішаного потоку. Цього досягнуто завдяки застосуванню рециркуляції повітря з нижньої частини відсіків сушіння, а також із відсіку охолодження сушарки.

У сушарках з рекуперацією тепла використовуються як радіальні, так і осьові вентилятори. Осьові вентилятори розміщуються у верхній частині сушарки та спрямовані вгору. Радіальні вентилятори розміщуються в нижній частині сушарки. Поєднання осьових і радіальних вентиляторів дає змогу знизити рівень шуму.

Система пожежної сигналізації на всіх сушарках з рекуперацією тепла є стан-

дартною. Ця система вимикає всі функції сушарки та активує сигналізацію у випадку небезпеки пожежі.

Для безпечних умов праці обслуговування нові сушарки оснащені драбинами та платформами, які забезпечують зручний і безпечний доступ до найважливіших частин сушарки.

Зерносушарки Grain Handler (США) відзначаються двома поширеними типами – Cross-Flow (рис. 2), коли в процесі сушіння тепле повітря проходить перпендикулярно через рухоме зерно, і Mix-Flow, коли тепле повітря проходить у поздовньому напрямку через рухоми товщу зернового стовпа. У США тип Cross-Flow використовується в сушарках компаній Deluxe, GSI, Brock, MC, Sukup. Інша важлива особливість зерносушарок Grain Handler – можливість сушити будь-який вид зерна, починаючи від маку та гірчиці і закінчуючи квасолею, рисом і соняшниковим насінням без заміни пористого сита. Широкий діапазон температур і точні температурні режими – до 0,5°C забезпечують якісне сушіння не тільки зерна, але й насіннєвого матеріалу з продуктивністю від 10 до 190 т/год, залежно від вихідних показників вологості та виду продукції. Значна висота сушарки обумовлює рух зерна в її порожнині та тим самим нагрівання і сушіння впродовж тривалого часу. Це створює щадний режим сушіння і, як наслідок, зменшує частку розтрісканого зерна від впливу температури. Тра-



Рисунок 2 – Зерносушарка Grain Handler типу Cross-Flow

диційний метод просіювання замінено на систему гравітаційної сепарації зерна. У процесі сушіння зерно рухається по коробах, скидається каскадом, дбайливо перемішується і опускається по шахті. Завдяки особливому розташуванню повітряних каналів забезпечується рівномірне і щадне просушування кожного зернятка. Цьому в значній мірі сприяє конструкційне влаштування пальника, яке спрямоване на виключення появи локальних осередків з холодним повітрям. Система пальників забезпечує не тільки максимально ефективне використання палива (газ природного походження, бутан або пропан), але й пристосована, за необхідності, до перемикання з режиму використання природного газу на бутан або пропан без додаткової модернізації.

Система автоматичного управління сушаркою забезпечує контроль пальників, захисних електроланок, зернового потоку, газової системи та швидкості зернового потоку. Системою автоматизації можна легко змінювати температуру зерносушарки аж до мінімальних коливань – до 0,5 % незалежно від температури навколишнього середовища. Автоматизованим пультом управління можна контролювати всю роботу і, що важливо, у разі аварійної ситуації здійснити повне вимкнення сушарки. Газова система спроектована спеціально для роботи за низького тиску. Крім того, газова система безпечна, бо як тільки виникає неполадка, робота автоматично припиняється.

На зерносушарках Grain Handler встановлені відцентрові вентилятори з низькими обертами, що порівняно з іншими сушарками дозволило знизити в два рази витрату повітря та рівень шуму під час виробничого процесу. Вентилятори розташовані збоку та знизу сушарки.

По всій довжині зернової шахти розміщено дверцята для налаштування або очищення конструкції перед сушінням іншого виду зернових.

Модельний ряд Grain Handler включає 80 зерносушарок з місткістю від 19,3 м³ – до 336 м³. Усі моделі відносяться до кон-

струкцій закритого типу, що виключає потрапляння вологи в сушарку від атмосферних опадів. Продуктивність сушарок на сушінні пшениці зі зниженням вологості на 5 % становить від 11,4 до 197,2 т/год.

Зернові сушарки шахтного типу MEGA моделі серії TC (Аргентина) (рис. 3), завдяки установці кожного модуля на індивідуальну раму мають надміцну модульну структуру.



Рисунок 3 – Зернова сушарка шахтного типу MEGA

Шахтна сушарка жалюзійного типу поєднує в собі переваги колонкової і шахтної систем. Система сушіння – комбінована. Основний режим – сушіння тільки нагріванням. Інший, додатковий режим – сушіння нагріванням з охолодженням. Застосування певного режиму залежить від вологості зерна та пори року і погодних умов. Сушарка адаптована для роботи на біопаливі. Тому вона крім газового пальника має піч для дров. Пальник MEGA створює суцільну зону полум'я на всю ширину сушарки.

Сушіння зерна із застосуванням такого режиму дозволяє:

- досягти економічності та високої продуктивності процесу сушіння: під час сушіння кукурудзи вдається за один прохід знизити вологість з 28 до 13 % ;

- використовувати обладнання меншої потужності під завантаження та розвантаження механізмом маятникового типу;

- економити час під час наповнення;
- зменшити зношення обладнання;
- зменшити поточні витрати; знизити капіталовкладення порівняно з сушарками аналогічної потужності.

Особливості конструкції:

- маятниковий тип розвантажувального механізму дозволяє чергувати вивантаження зерна, тим самим сприяти його кращому та інтенсивнішому охолодженню;

- газові пальники MEGA дозволяють досягати однорідного розподілу температури, усуваючи тим самим потоки холодного повітря;

- жалюзійний тип шахтної сушарки обумовлює рух зернової маси в шахті зигзагом;

- під час обертального руху зерна його оточує однорідний потік сухого і теплого повітря.

Зерносушарки шахтного типу RIELA (Німеччина) мають модульну конструкцію (рис. 4). Це дозволяє нарощувати їхню висоту і таким способом збільшувати продуктивність сушіння. Кожна сушарка постачається у варіанті з одним із

трьох видів теплогенераторів:

1) теплогенератор 1000/2000 кВт (перемикається на роботу з теплообмінником і без), пальник для дизпалива. Продуктивність сушіння кукурудзи з 30 до 15% вологості – 4,5-8,2 т/год.;

2) теплогенератор 2000 кВт (з теплообмінником), пальник для дизпалива. Продуктивність сушіння кукурудзи з 30 до 15% вологості – 8,2 т/год.;

3) теплогенератор 2050 кВт (без теплообмінника), пальник для газу. Теплогенератор може працювати на біопаливі (дрова, солома і т.д.). Продуктивність сушіння зерна кукурудзи з 30 до 15% вологості – 9,0 т/год. Корпус сушарки виготовлений зі спеціального сплаву алюмінію (Al+Mg).

Зерносушарки шахтного типу Monsun (Данія) (рис. 5) мають конструкційне виконання, яке забезпечує як швидкісні, так і щадні режими сушіння зернових культур. Проектна продуктивність сушіння зерна досягає 200 т/год. За один прохід зерносушарка здатна знизити вологість зерна кукурудзи з 40 до 15%. Крім традиційного зерна і насіння вона забезпечує високотехнологічне та разом з тим безпечне сушіння насіння олійних культур – ріпака та соняшнику.



Рисунок 4 – Зерносушарка шахтного типу RIELA



Рисунок 5 – Зерносушарка шахтного типу Monsun

Шахтна сушарка і її секції виготовлені з оцинкованої сталі, що забезпечує їм високу корозійну стійкість. Сушильні секції складаються з каналів конічної форми. Їхня конструкція розроблена так, щоб максимально забезпечити рівномірний процес сушіння, зберігаючи хлібопекарську і кормову цінність, а також насінневу схожість. Секції охолодження мають конструкцію, ідентичну сушильним блокам. Спеціальні заслінки дозволяють легко трансформувати зони, використовуючи їх для сушіння або охолодження, залежно від поставленого завдання. Для швидкого вивантаження сировини, у разі непередбаченої ситуації, в нижній частині зерносушарки наявні люки. Зона вивантаження сухого зерна обладнана оглядовими отворами для постійного контролю та її очищення. Роликовий випускний конвеєр забезпечує безперервну роботу завдяки перемінній швидкості вивантаження зерна. Цим попереджається застій зерна всередині зерносушарки і мінімізується ризик загоряння. Також конвеєр обладнаний системою пружинних утримувачів, яка демпфує і запобігає виходу з ладу роликового механізму в разі потрапляння в нього сторонніх предметів. Сепаратори пилу забезпечують постійний рівень пиловидалення не менше ніж 98 %. Також вони можуть обладнуватися кожухами для поглинання шуму, що безумовно покращує умови роботи персоналу. Контроль за роботою сушарки забезпечується цифровим програмно-апаратним комплексом, управління яким здійснюється через сенсорну панель. Він може брати на себе автоматизований контроль над процесом сушіння або ж надавати оператору можливість проводити управління (коригування) в ручному режимі. Показники роботи зерносушарки виводяться на інформативних графіках та зберігаються в архіві. Можлива робота і моніторинг в онлайн режимі.

Зерносушарка Monsun комплектується різними типами генераторів тепла. Система безпосереднього нагрівання може працювати на природному або зріджено-

му газі. Зерносушарка може бути обладнана піччю безпосереднього нагрівання. Вона може працювати як на дизельному, так і на газовому паливі. Як теплогенератор можна застосовувати піч опосередкованого нагрівання, яка працює на газі або мазуті. Для економії енергоресурсів передбачена схема повернення теплоносія із сушильної зони назад у піч. Такий метод дозволяє економити до 10 % енергії.

Зерносушарки KEPLER WEBER (Бразилія). Кожна шахта являє собою конструкцію модульних панелей з оцинкованої сталі, щільність якої становить 275 г/м². Сушильна колона може складатися з козирків або жолобків, перпендикулярних до потоку зерна. Сушарки комплектуються газовими пальниками на природному або скрапленому газі, паровими теплообмінниками, дизельними пальниками з теплообмінником, теплогенераторами для спалювання біопалива (дров, пелетів, брикетів, соломи, лушпиння). Залежно від продуктивності сушарки діляться на три ряди:

- малої продуктивності – від 10 до 30 т/год (KW 10 ADS – KW 30 ADS) для фермерських господарств;

- середньої продуктивності – від 40 до 100 т/год (моделі KW 40 ADS – KW 100 ADS) з двома типами сушильної шахти – з жолобками або козирками, а також сушіння з охолодженням або без нього і сушіння в шахті з повною рекуперацією;

- високої продуктивності забезпечують від 100 до 200 т/год (моделі KW 100 ADS – KW 200 ADS) для великих підприємств. Повітряний потік – з подвійною рециркуляцією повітря. Сушіння відбувається у двох секціях з різними температурами і одній секції охолодження.

Зерносушарки для рису спеціально розроблені, щоб протистояти зносу конструкції через тертя цього продукту. В сушарках застосовані листи металу високої міцності у воронці завантаження. Вони можуть виконувати сушіння із застосуванням теплогенератора на дровах, можуть бути обладнані одночасно і газовим (дизельним) пальником. Починаючи з моделі

ADS 40R, зерносушарки на дровах, вже в базовому виконанні, оснащуються цикловентиляторами для утилізації пилу та сміття. Собівартість сушіння зерна дровами, за даними компанії-виробника, становить 2 грн на один тоннопроцент.

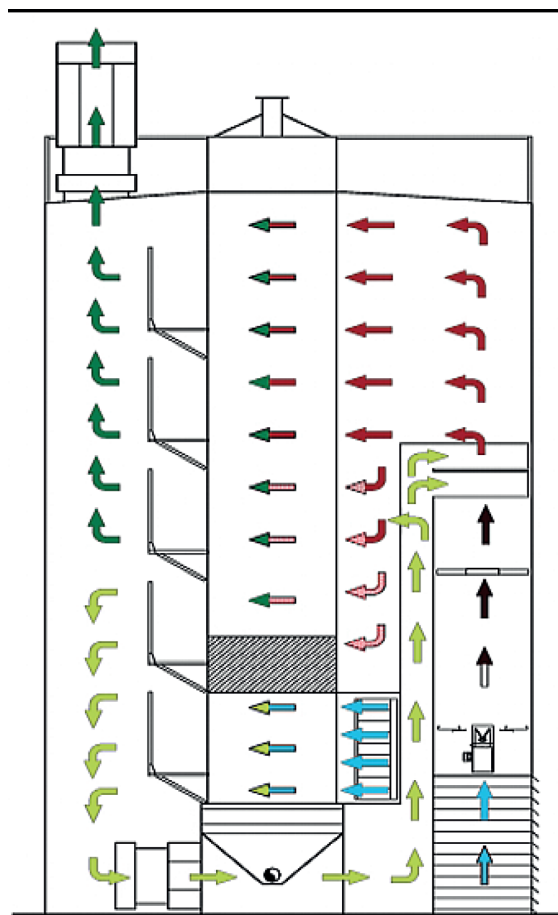
Електронна система моніторингу дозволяє контролювати температуру повітря сушіння та потоку вивантаження зерна. Просте управління оптимізує і забезпечує надійну та безпечну роботу.

Зерносушарки шахтного типу NEUERO (Німеччина) призначені для сушіння всіх видів зернових культур, ріпак, насіння соняшнику і бобових. Основними складовими частинами зерносушарки є сушильна шахта, завантажувальний та розвантажувальний механізми, вентилятор, теплогенератор, камера нагрітого повітря і випускна камера, прилади контролю, шафа управління. Сушильна шахта, встановлена на опори, являє собою сталеву конструкцію, в яку паралельними рядами вмонтовано короби. По висоті шахта розділена на сушильну (верхню) і охолоджувальну (нижню) зони. Завантажувальний бункер розміщений у верхній частині зерносушарки над сушильними секціями і обладнаний завантажувальним пристроєм та датчиками рівня зерна. У нижній частині зерносушарки (під зоною охолодження) встановлено розвантажувальний механізм. Теплогенератор встановлений поруч із шахтою і може працювати на дизельному паливі або на газі. Теплогенератор подає нагріте повітря безпосередньо в зону сушіння або через теплообмінник. Оператор керує роботою зерносушарки з центрального пульта управління.

Широкий діапазон продуктивності (від 8 до 200 т/год) забезпечують зерносушарки шахтного типу NDT-B Neueero. Цей модельний ряд сушарок є модифікацією сушарки NDT з більшою шириною сушильної колони. Сушарки модельного ряду NDT-B дозволяють зняти 20 % вологості (наприклад, під час сушіння кукурудзи) за один прохід. Сушіння й охолодження зерна відбувається одночасно. Це дозволяє зекономити значні кошти на охоло-

дження зерна. Усі сушарки обладнуються спеціальною тепловою ізоляцією – ізоляційним ковпаком і сушильною колоною з високоякісних «сендвічних» елементів. Завдяки цьому мінімізуються втрати тепла і вірогідність закупорювання сушильної колони через виділення конденсату. Конструкція сушарки і пристрій вивантаження зроблені так, що зерно проходить рівномірно по всій площі сушильної колони, завдяки цьому відсутні осередки перегріву зерна, що сприяє максимально ефективному використанню тепла.

Сушарки Strahl (Італія) призначені для сушіння зерна і насіння зернових культур, бобових та олійних культур. Основою енергоощадності сушіння є принцип рекуперації зерна (рис. 6).



- A - Зовнішнє повітря**
- B - Потоки горіння**
- C - Повітря середньої температури**
- D - Повітря високої температури**
- E - Рециркульоване повітря**
- F - Вологе повітря**

Рисунок 6 – Технологічна схема сушарки Strahl

Технологія сушіння дозволяє економити біля 20 % енергоресурсів і витратити на 30 % менше електроенергії, ніж стандартна шахтна проточна зерносушарка. Цикловентилятори обладнані поглиначами шуму, які попереджають попадання пилу і сміття в атмосферу. Зерносушильна колона повністю утеплена (зимовий варіант) і виготовлена зі стійкого до агресивного середовища матеріалу ALUZINK («Алюміній + цинк»). Витяжні тунелі у верхній частині сушарки виготовлені з нержавіючої сталі.

Головна особливість сушарок «Strahl» – це здатність ефективно працювати в умовах, коли необхідно сушити зерно з високою вологістю (35 % і більше) за несприятливих погодних умов (холодне повітря, висока вологість повітря, вітер). Для цього в сушарці впроваджено свою концепцію сушіння зерна з використанням сучасних технічних рішень, що дозволяє швидко, економно і без забруднення навколишнього середовища отримувати висушене зерно високої якості. Зерносушарки Strahl у базовій комплектації обладнані системами рекуперації тепла, перманентного пиловидалення (до 80 %) завдяки застосуванню підвентиляторних жалюзі, які автоматично закриваються під час вивантаження зерна, та комп'ютерного управління, що забезпечує повністю автоматичний режим сушіння в потоці зі стабілізацією вологості зерна на виході.

Висновки. Зерносушарки шахтного типу характеризуються:

- високою продуктивністю сушіння;
- пристосованістю до роботи з використанням природного і зрідженого газу та біопалива;
- універсальністю в технологічних підходах до сушіння зерна і насіння різних культур та фракційності;
- розміщенням теплогенератора в кожусі сушарки, що підвищує ефективність процесу спалювання та витрат енергоносія;
- ефективною роботою системи відокремлення пилу;
- низьким рівнем робочого шуму;
- пристосованістю до самоочищення

шахти сушарки перед переходом на сушіння зерна/насіння іншої культури;

– простим обслуговуванням та експлуатацією.

У виборі сушарки для господарства застосовують різні критерії. Але найголовніші із них – це продуктивність, універсальність, економічність та адаптація до сушіння з використанням біопалива.

Література

1. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання зернових культур: Посібник, за ред. В. І. Кравчука. – Дослідницьке – УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2011. – 224 с.
2. Бражевский В., Жеребцов Б., Кизуров А. Анализ зерносушилок // <http://technology.snauka.ru/2017/04/12978>.
3. Занько Н. Отечественный рынок: шахта на выбор // Пропозиция. Спецвыпуск. Современные техника и технологии хранения зерна. – 2015. – С. 12-21.
4. Максаєв В. Зерносушарки фірми «MERU Oy» // Журнал «Техніка і технології АПК», – № 8(47), 2013, – Стор. 27-28.
5. Кравчук В., Погорілий В., Постельга С. Погоріла В, Занько М. Наукові аспекти сучасних технологій збирання, післязбиральної переробки і зберігання зерна // Журнал «Техніка і технології АПК», – № 7(34), 2012 р, Стор. 15 - 19.
6. Сорочинський В.Ф. Снижение затрат при конвективной сушке зерна (http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?).

Literature

1. Machines, aggregates and complex for the use of the processing of the grain and grain crops: Guest, ed. V. I. Kravchuk. – Doslidnitske – L. Pogorilyy UkrNDIPVT. – 2011. – 224 p.
2. Brazhevsky V., Zherebtsov B., Kizurov A. Analysis of grain dryers // <http://technology.snauka.ru/2017/04/12978>.

3. Zanko N. Domestic market: mine on vibor // Proposition. Special edition. Modern technology and grain storage technology. – 2015. – Store 12-21.

4. MaksaeV V. Zernosusharki of the MEPU Oy industry // Magazine “Technika and Technological Complex APC”, – №8 (47), 2013, – Store. 27-28.

5. Kravchuk V., Pogoriliy V., Postelga S. Pogorila V, Zanko M. Naukov, aspects of modern technology, picking of processing and grain, // Tehnika i technology of AIC, – №7 (34), 2012, Store 15-19.

6. Sorochinsky V.F. Cost reduction in convective drying of grain (http://irbis-nbuV.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuV/cgiirbis_64.exe?).

zernovyh kul'tur: Posibnyk, za red. V.I. Kravchuka. – Doslidnyc'ke – UkrNDIPVT im. L. Pogorilogo. – 2011. – 224 s.

2. Brazhevskij V., Zherebcov B., Kyzurov A. Analyz zernosushylok // <http://technology.snauka.ru/2017/04/12978>.

3. Zan'ko N. Otechestvennyj gynok: shahta na vybor // Propozycuja. Spesvyprusk. Sovremennye tehnyka y tehnologyu hranenija zerna. – 2015. – S. 12-21.

4. Maksajev V. Zernosusharky firmy «MEPU Oy» // Zhurnal «Tehnika i tehnologii' APK», – №8 (47), 2013, – Stor. 27-28.

5. Kravchuk V., Pogorilyj V., Postel'ga S. Pogorila V, Zan'ko M. Naukovi aspekty suchasnyh tehnologij zbyrannja, pisljazbyral'noi' pererobky i zberigannja zerna // Zhurnal «Tehnika i tehnologii' APK», – №7 (34), 2012 r, Stor. 15 - 19.

6. Sorochyns'kyj V.F. Snyzhenye zatrat pry konvektyvnoj sushke zerna (http://irbis-nbuV.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuV/cgiirbis_64.exe?).

Literatura

1. Mashyny, agregaty ta kompleksy dlja pisljazbyral'noi' obrobky i zberigannja

UDC 631.354.2.:001.8

ANALYSIS OF STRUCTURE AND FUNCTIONING OF COLUMN DRYERS

V. Kravchuk, Dr. Techn. Sc., prof., Member-Corr. NAAS of Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7991-0351>,

M. Zanko, Cand. Techn. Sc, Art. sciences co-author, e-mail: NikolaiZanko82@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

O. Lisak, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>
DNU «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

Summary

The purpose of the article: the study of the features of the structure, operation and indicators of the use of column dryers produced by leading companies.

Research methods: analytical review and design analysis according to the data of the companies producing column dryers.

In the Ukrainian market, foreign companies offer a wide range of column dryers for drying grain with a productivity of up to 225 t / year and humidity of more than 40%. The main element of their designs is a drying column, in which parallel boxes with galvanized inlet and outlet air conduits of conic shape are mounted, arranged in a chess order. The column is divided into zones of heating and cooling. The grain in the column moves by gravity, from the top downward, reducing its humidity by 6-7 %.

In most driers, the function of heat recovery is realized - the heat collection from the hot grain and

the return of heated air back to the dryer, which gives not only the saving of fuel but also electricity. Drying of grain on Ukrainian elevators shows that it is column dryers that are dominated over analogues of other types in terms of profitability. The reason for this - the heat transfer is carried out with the help of inlet and outlet boxes, which allow to evenly distribute the total volume of coolant in the column of grain dryers.

Conclusions. Column dryers are characterized by:

- high drying performance;
- adaptability to work with the use of gas and biofuels;
- versatility in the drying of grain and seeds of different crops;
- effective work of the system of separation of dust from grain;
- low noise during operation;
- adaptability to quality cleaning of the mine during the transition to drying another culture;
- simple maintenance and operation.

The main criteria for choosing a dryer are the productivity, the versatility of drying a wide range of grain and seed, the cost-effectiveness of drying processes, adaptation to drying using biofuels, drying costs.

Key words: column grains dryer; design feature; drying chamber; technological regimes (grain humidity and drying performance); energy costs.

УДК 631.354.2.:001.8

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНОСУШИЛОК ШАХТНОГО ТИПА

В. Кравчук, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. НААН України,
<https://orcid.org/0000-0002-7991-0351>,

Н. Занько, канд. техн. наук,
e-mail: NikolaiZanko82@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-8964-0706>,

А. Лысак, <https://orcid.org/0000-0003-0708-9784>
ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

Аннотация

Цель статьи: исследование особенностей строения, функционирования и показателей назначения шахтных сушилок производства ведущих компаний.

Методы исследований: аналитический обзор и анализ конструкций по данным компаний-производителей шахтных зерносушилок.

На рынке Украины зарубежные фирмы предлагают широкий выбор шахтных сушилок для сушки зерна с производительностью до 225 т / ч и влажностью более 40%. В основе их конструкций - сушильная шахта, в которую параллельными рядами вмонтированы короба с оцинкованными впускными и выпускными воздуховодами конической формы, размещенными в шахматном порядке. По высоте шахта разделена на зоны нагрева и охлаждения. Зерно в прямоточной шахте перемещается самотеком, сверху вниз один раз, снижая свою влажность на 6-7 %.

В большинстве шахтных сушилок реализована функция рекуперации тепла - забор тепла от горячего зерна и возврата подогретого воздуха обратно в сушилку, что дает не только экономию топлива, но и электроэнергии. Сушка зерна на украинских элеваторах свидетельствует, что именно шахтные зерносушилки преобладают над сушилками - аналогами других типов с точки зрения

экономичности. Причина этого - теплообмен происходит посредством подводящих и отводящих коробов, которые позволяют равномерно распределить общий объем теплоносителя в шахте зерносушилки.

Выводы. Зерносушилки шахтного типа характеризуются:

- высокой производительностью сушки;
- приспособленностью к работе с использованием газа и биотоплива;
- универсальностью по сушке зерна и семян различных культур;
- эффективной работой системы отделения пыли от зерна;
- низким уровнем шума во время работы;
- приспособленностью к качественной очистке шахты при переходе на сушку другой культуры;
- простым обслуживанием и эксплуатацией.

Главные критерии в выборе сушилки - производительность, универсальность сушки широкой гаммы зерна и семян, экономичность процессов, адаптация к сушке с использованием биотоплива, цена зерносушилки.

Ключевые слова: шахтная зерносушилка; особенность конструкции; сушильная камера; технологические режимы (влажность зерна и производительность сушки); расходы энергоносителя.