



Микола Занько,
заст. заввідділу наукових
досліджень та випробування машин
в рослинництві,
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Шахтна комбінація

Особливості зерносушарок шахтного типу

Закінчення.
Початок у №3-2019.



Шахтні зерносушарки Perry (компанія PERRY ENGINEERING; фірма-постачальник в Україні – ТОВ «АнтеСтрой») призначені для сушіння зерна зернових культур, але є одним із кращих рішень під час сушіння дрібнонасієних культур: сорго, ріпаку тощо. Сушарки – безперервної дії зі змішаним потоком. Працюють у режимі «нагрівання – охолодження». Охолодження здійснюється у нижніх секціях сушарки. Величина зони охолодження регулюється залежно від стану та режиму сушіння зерна. У деяких моделях поряд із широкими

камерами для змішування холодного та гарячого повітря розміщено окремі обвідний канал приточної вентиляції з розташованими у ньому регульованими повітрозбірниками. Конструкційне виконання – у вигляді одинарної або подвійної шахти з шириною від 2 м до 8 м. Проте за потреби у сушінні невеликої кількості зерна можна використати лише одну шахту. Перша шахта може залишатися заповненою однією культурою, а друга – використовуватися для сушіння зерна іншої культури. Це відчутно скорочує затрати часу, що витрачається для заповнення та звільнення сушар-

ки від зерна між висушеними порціями. Модульний принцип побудови дає змогу нарощувати її конструкцію, а разом із нею – продуктивність, яка в сушарках Perry дає змогу отримати продуктивність від 8 т/год до 200 т/год. Короби мають конічну форму, що забезпечує рівномірний рух повітря по шахті сушарки. Для рівномірного руху зерна в процесі його сушіння та руху шахта має певні особливості конструкції. Для виробництва застосовано стійку проти механічного стирання сталь завтовшки 2 мм, а в місцях підвищеного спрацювання – 3 мм. А це більше, ніж в аналогічних елементах сушарок інших типів. Зерносушарка Perry повністю герметична та оцинкована. Це важливо для її захисту від атмосферних негативних чинників (дощу, атмосферного туману, сирого вітру, холодного повітря) та з успіхом дає змогу ефективно її експлуатувати як усередині приміщень, так і поза ними. Зерносушарки Perry вкомплектовано високопродуктивними вентиляторами, які мають великий діаметр лопатей робочого колеса та працюють на низьких швидкостях. Це забезпечує низький рівень шуму. Для роботи в «стандартних» за температурою умовах (кінець вересня – початок жовтня) сушарки вкомплектовано пальниками (зокрема й Ecoflam, Італія) для кількох видів пального: дизельне, пропан, природний газ, біопаливо. Для цього конструкція пальників має відповідне виконання: триступеневі дизельні пальники або повністю модульовані газові пальники забезпечують весь потрібний діапазон вибору температурних режимів сушіння на ПЛК-панелі, повна або часткова робота пальників через теплообмінники, пряме або непряме

нагрівання через теплообмінник «повітря – повітря». Зерносушарки Perry мають відповідне виконання та адаптовані до теплогенераторів, в яких спалюється біопаливо. Для використання в передбачувано складних умовах – за низьких температур (нижче нуля) – для сушарок доступний зимовий комплект і продуктивніші пальники. Певна «закритість й ізоляваність» сушарки від низьких температур і сильних холодних вітрів завдяки зовнішньому «обшиванню» всієї конструкції металевими листами теплоізоляції забезпечує економічність процесів теплоутворення та використання власного тепла. Можуть використовуватися універсальні пальники, які дають змогу спалювати одне з палив – газ або дизель. Виготовлення шахти зерносушарки Perry виконано без фланців і виступів болтових з'єднань для зменшення залишків пилу і полови. Конструкція забезпечує високу щільність усіх механічних з'єднань і дає змогу звести нанівець викиди технологічного пилу, які є постійними та обов'язковим супутниками довгого технологічного шляху руху зерна від завантажувального бункера до вивантажувальної заслінки. Під час сушіння дрібного та водночас легкого насіння, такого як ріпак, потрібно зменшити кількість повітря, що проходить через сушарку. Для цього використовують інвертори. Деякі моделі вкомплектовано заслінками відбору повітря, які можуть бути відкриті, щоб дати змогу вентиляторам відбирати повітря для зменшення його кількості, що продувається через зерно, та знизити винесення зерна через вентилятори. Під час збирання та сушіння насіння ріпаку або іншого легкого насіння доводиться

часто чистити осадкову камеру. Система повернення легкого зерна та полови знімає потребу у вичищенні легкого зерна та полови з осадкової камери зерносушарки. Вона являє собою додаткову опцію для всіх нових зерносушарок, але може бути встановлена на заслінковий механізм вивантаження зерна всіх існуючих зерносушарок. Має пневматичний привід, підмикається до компресора сушарки. Полова та легке насіння випускаються прямо до вивантажувальних бункерів. Для всіх зерносушарок характерним є відокремлення пилу від зерна під час продування шару зерна теплоагентом – нагрітим повітрям. Цей технологічний пил першочергово осідає на поверхню сушарки та покриває її у всіх можливих місцях.

Внаслідок цього пожегобезпека сушарки знижується, що є дуже небезпечним. Відповідно до схеми роботи сушарки здебільшого цей технологічний пил і половина проходять через осьові вентилятори, які забезпечують прохід теплоагента через шар просушаного зерна. Для відокремлення пилу та полови із цього повітряного потоку осьові вентилятори дообладнуються системою Century Kleen. Можливе встановлення на наявні осьові вентилятори всіх моделей сушарок. Вона оцинкована, не має рухомих частин і не потребує збільшення потужності електродвигунів вентиляторів. Забезпечує відбирання до 95% видимого пилу та полови. У стандартній комплектації зерносушарки Perry мають інвертор для сповільнення

Rekl



вентиляторів, аби зменшити потік повітря. У зерносушарках із кількома вентиляторами ПЛК-панель дає оператору можливість їх вимикати. Для ефективного використання цієї опції на вентиляторах установлюють заслінки. Як опція можуть бути використані відокремлювальні вентилятори камери обвідного каналу, щоб дати змогу додатковому повітрю продуватися безпосередньо у вентиляторі та зменшити фактичний потік повітря через сушарку. Ці повітрязабірники зручно розміщені так, що можуть бути відкриті з рівня землі. Під час роботи за низьких температур у зерносушарках із кількома пальниками ПЛК-панель дає змогу вимикати окремі пальники. На початку процесу сушіння зерно не має потрібної вологості. Таке явище зазвичай спостерігається на початку роботи всіх сушарок. Тому на цьому етапі сушіння, коли сушарка ще не має нормального процесу утворення теплоагента (надто це стосується температурного режиму роботи сушарок із

біотеплогенераторами та коли вона ще не «ввійшла» (не прогрілася) на належний постійний температурний режим), зерно згідно із заданим технологічним потоком рециркулює назад до верхньої зони сушарки, звідки воно починає свій повторний рух по сушарці вниз і піддається повторно сушінню. Після того, як сушарка ввійшла до робочого режиму, зерно на виході із сушарки має потрібну регламентовану вологість, здійснюється процес вивантаження. Під час роботи зерносушарки оператор періодично перевіряє вологість зерна на виході із системи вивантаження. І коли досягнута стабільність показника нормованої вологості зерна, «маршрут» його руху в технологічній ланці, ув'язаний із сушаркою, встановлюється так, щоб зерно вже як готова продукція рухалося на склад. І лише після цього оператор вибирає та приймає автоматичний режим роботи сушарки, який дає змогу керувати нею з допомогою системи ПЛК без участі оператора.

За нормальної роботи – встановленого режиму сушіння – нижня частина (нижні секції) сушарки використовує навколишнє атмосферне повітря для охолодження зерна, перед тим як воно піде на зберігання. Величину цієї зони – зони охолодження сушарки – можна регулювати прямо з рівня землі. Для безпосереднього вивантаження зерна із сушарки призначено систему механічних заслінок, які відчиняються та зачиняються з певним, водночас визначеним інтервалом, встановленим на ПЛК-панелі управління сушаркою та скоригованим вручну оператором. Заслінки мають привід від пневмоциліндрів. Їх функціонування здійснюється від пневматичного компресора. Зерносушарки Pexgu добре пристосовані до зручного технічного обслуговування. Для чищення та проникнення всередину шахти передбачено інспекційні панелі та великі двері для легкого доступу, а також режим самоочищення. Всередині конструкції сушарки передбачено багато поперечних перекладин і точок крі-

плення страхувального обладнання для безпечного доступу та переміщення під час чищення.

Шахтні сушарки STELA (компанія Stela Laxhuber GmbH, Німеччина. Постачальник в Україні – представництво Stela Laxhuber в Україні) щороку в господарствах різних країн сушать близько 40 млн т зерна. Ця маса висушеного зерна наочно та переконливо свідчить, наскільки ці сушарки мають попит у споживачів і непрямо свідчить про їх економічну ефективність. Такий стан використання і технічний рівень сушарок забезпечується та реалізується завдяки власному науковому потенціалу компанії, створенню командою інженерів і власними технічними ноу-хау.

Енергоефективність сушарок насамперед досягається при виробництві теплоносія. Для цього в сушарках використовують пальники відомих європейських виробників. Вони забезпечують низькі показники емісії і гарантують тривалу та безпечну експлуатацію. Залежно від виду пального та індивідуальних запитів у сушарках можливі кілька варіантів технічних рішень для отримання теплого повітря:

- модульне або ступеневе регулювання;
- легке або важке рідке паливо;
- газ, зріджений газ, біодизель, біогаз;
- можливість використання універсальних пальників, які працюють на двох видах пального: газ або дизпальне.

Сушарки Stela також легко комплектуються теплогенераторами на біопальному. Це можуть бути теплогенератори як європейських, так й українських виробників.

Можливе також одночасне використання теплогенераторів на біопальному та лінійних газових пальників. Для виробництва теплого повітря може використовуватися газовий плоский пальник із безпосереднім нагрівачем повітря NP/RG/AIRFLO. Він розглядається та застосовується як альтернатива пальнику з нагрівачем повітря. Пальник у цьому варіанті розміщується в одному з опалюваних каналів, який своєю чергою інтегровано в ковшу теплого повітря.

Його особливості та переваги:

- виконує спалювання природного та скрапленого газу;
- діапазон регулювання до 52:1;
- висока якість спалювання палива (до 100%);
- досягається ідеальна суміш повітря і, природно, гомогенна температура гарячого повітря, що важливо для рівномірного сушіння;
- компактність і необмежена продуктивність;
- надійні та водночас низькі експлуатаційні витрати;

До цього слід додати, що такі газові пальники мають технічні сертифікати й дозвіл для використання в Україні. Особливий режим сушіння та застосування відповідних рішень потрібні за сушіння зерна продовольчого призначення та насіння олійних культур. Для цього компанія STELA в сушарках використовує непрямі повітрянагрівачі, які використовуються в процесах сушіння, коли змішування паливних газів із теплим повітрям несумісні. Корпус непрямого повітрянагрівача складається із зовнішньої і проміжної обшивки (для запобігання втрачати теплової енергії і димових газів), а також із закритої камери спалювання із термостійкої сталі, розміщеної в центрі обшивки. У процесі спалювання з допо-

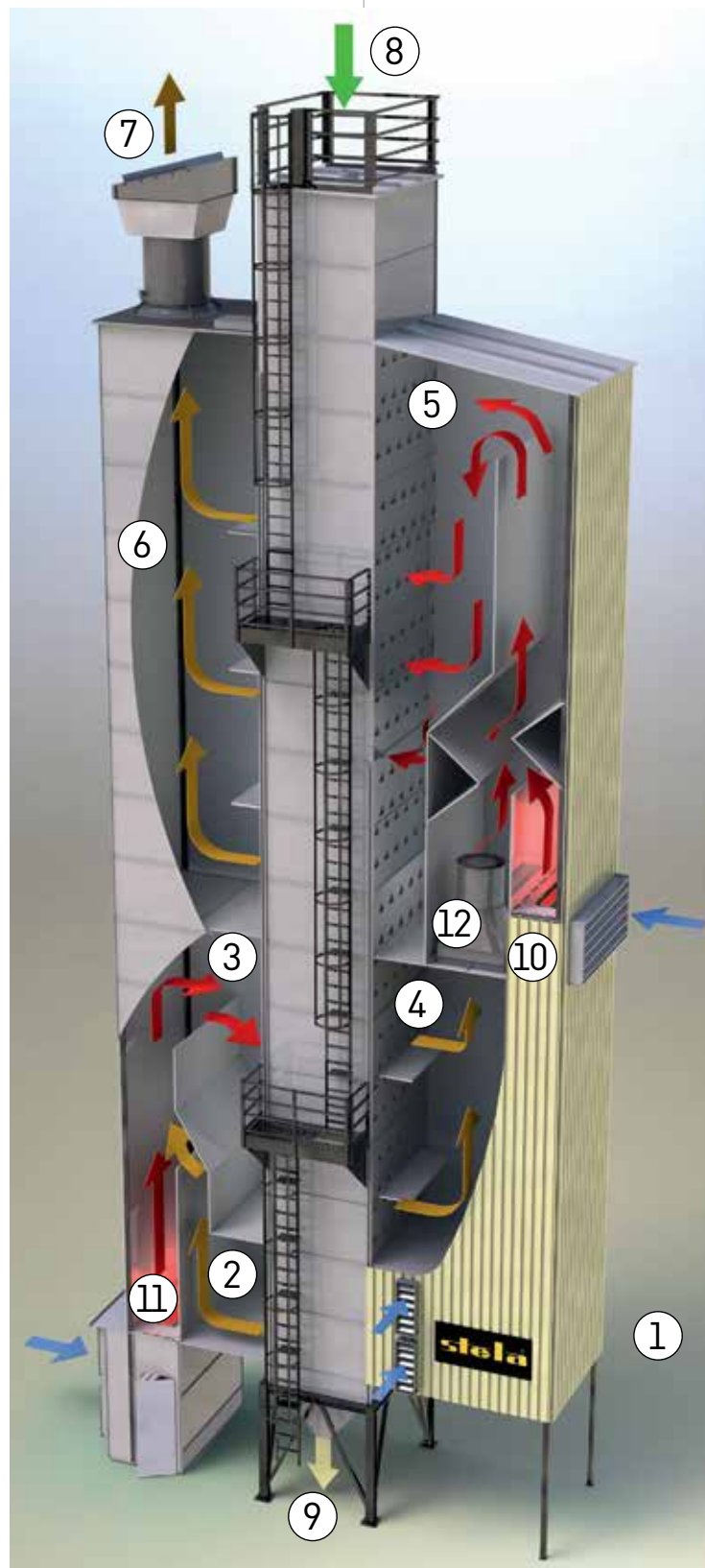
могою непрямого нагрівача енергія спалювання переноситься винятково по теплообмінних площинах закритої камери спалювання і по димовідводах – до свіжого повітря. Охоложені відпрацьовані під час спалювання газу виводяться з допомогою димоходу зовні. Відтак тепле повітря залишається абсолютно чистим від газових сумішей. За вихідної температури повітря до +120°C непрямі повітрянагрівачі мають коефіцієнт ефективності 90%.

Для підприємств, які мають надлишки теплової енергії у вигляді пару чи гарячої води, компанія STELA комплектує сушарки теплообмінниками, які можуть працювати як автономно, так і в парі з газовими пальниками. Це дає змогу відчутно заощадити на енергоресурсах.

Вентилятори та повітряні системи. Вентилятори забезпечують переміщення повітря в шахтах із продуктом/зерном. Залежно від потреб використовують радіальні або осьові вентилятори. За однакової потужності приводного електродвигуна осьовий вентилятор має вищу продуктивність – до 330 тис. м³/год, але при цьому меншого тиску, ніж радіальний вентилятор – статичний перепад тиску становить 1300 Па. Для порівняння: аналогічні показники у радіального вентилятора відповідно становлять 160 тис. м³/год та 3000 Па. Для вентиляторів STELA характерними є:

- обов'язкове та якісне статичне й динамічне балансування робочого колеса, що гарантує їм високу технічну надійність і великий термін служби;
- приток повітря до вентилятора здійснюється через аеродинамічно оптимізовані сопла;

Rekl



- прями́й привід, тип двигуна – залежно від типу захисту (IP 54 по DIN 40.050);
- двигун із низькою потребою в обслуговуванні (4, 6 або 8-полосний, зірковий або трикутний хід від 5,5 кВт);
- радіальний корпус вентилятора та основа – з оцинкованої сталі;
- зі стандартними каналними флянцевими рамами;
- додатковий контроль частоти обертання для оптимальної адаптації та збереження зерна.

Центрифугова система пилвилучення STELA працює за принципом багатоступеневого відцентрового сепаратора, який засмоктує запилене повітря із сушарки та спрямовує його до вихрової камери. Там йому надають обертальний рух. Завдяки відцентровій силі частинки пилу знімаються зі стінок із допомогою пілінгового «язика» та слабкого потоку повітря і підводяться в останній частині спіралі у вторинну циклонну секцію. Основний потік повітря, що виходить із вихрової камери, надходить через систему перегородок циліндричної форми в зворотному напрямку руху. Так захоплені частинки пилу викидаються назовні. Конус вторинного циклонного сепаратора зігнутий на 90°; через нього проходить викид пилу. Через центральну трубу очищений потік повітря повертається до основного потоку. Доволі наочно демонструє особливості процесу сушіння одна з останніх розробок корпорації Stela Laxhuber GmbH проточна сушарка AgroDry MDB-XN 2\17-SB STELA Biturbo (рис. 1, табл.). Вона сушить зерно у безперервному режимі. Свіже повітря засмоктується в нижній частині пристрою сушіння, нагрівається з допомогою газового пальника 2 і надхо-

Таблиця. Показники призначення сушарки AgroDry MDB-XN 2\17-SB STELA Biturbo	
Пропускна здатність (вологе зерно), т/год	33,6
Пропускна здатність (сухе зерно), т/год	25,7
Температура гарячого повітря, °C	130
Місткість сушарки, т	164
Загальна споживана електрична потужність, кВт	184
Витяжні вентилятори, шт. x кВт	2 x 55
Продуктивність витяжних вентиляторів, м3/год	2 x 98500
Проміжні вентилятори, шт. x кВт	2 x 37
Продуктивність проміжних вентиляторів, шт. x м3/год	2 x 81500
Теплоносії	Зріджений газ
Повітрянагрівач	Газовий пальник Maxon

дить разом із підігрітим повітрям із зони охолодження 3 до нижньої частини сушарки – ділянки висушеного продукту 4. Повітря через дахоподібні канали в шахтах надходить у матеріал, що завантажуються, і знову виходить з нього. Так зерно нагрівається і віддає вологу в повітря. Повітря охолоджується та збагачується вологою, а опісля виходить із завантаженого матеріалу через витяжні канали. Повітря спрямовується через сушильні шахти з допомогою чотирьох вентиляторів. Температура теплового повітря регулюється повністю незалежно від верхньої зони температури. Відпрацьоване повітря 5 більш високої температури збирається в цій зоні і проводиться з допомогою вентилятора 6 до верхньої ділянки сушарки. Тепле повітря верхньої зони сушіння утворюється змішуванням із попередньо нагрітим повітрям, що надходить 7. Спершу це повітря проходить верхню ділянку вологого зерна 8, перед тим як вилучитися вентилятором

відпрацьованого повітря 9 в навколишнє середовище. Сушарка запускається в роботу в ручному режимі. Регулювання установки залежно від вологості зерна, що підлягає сушінню, чи висушеного зерна, яке випускається, не проводять. Ступінь вологості зерна, що надходить на сушіння, також не встановлюється. Мабуть, через ці обставини можливості сушарки будуть невичерпні. У нижньому відсіку сушарки передбачено використання вищих температур, ніж у нижньому відсіку. Під час проведення випробувань (за даними тест-центру DLG, Німеччина) в нижньому відсіку сушарки було досягнуто температури приточного повітря близько +150°C. Температура в нижньому відсіку сушарки завжди була на 20°C меншою, тобто близько +130°C. Розрахункова продуктивність сушарки становить 21 т сухого зерна за зниження вологості зерна кукурудзи з 35% до 15% і температури навколишнього середовища +5°C. Упродовж часу проведення сушіння сушаркою було спожито 5230 кВт потужності, яка затрачена на нагрівання. Тобто на сушіння 1 т сирого зерна знадобилося 190,3 кВт теплової енергії. При цьому на годину пересічно випарувалося 6,43 т вологи. Тобто на випарування 1 кг води потребувалося 2703 кДж (відповідно 751 кВт·год/т). Споживання електроенергії становило пересічно 164,4 кВт. На кожну тону сирого зерна витрачалося 5,6 кВт електричної енергії. Це значення також є добрим.

Назагал сушаркам STELA властиві такі особливості:

- використання високоякісних конструкційних матеріалів;



- виготовлення зі спеціального сплаву алюмінію, що гарантує довговічність в експлуатації;
- необмеженість у продуктивності;
- оптимальна економія енергії завдяки циркуляції повітря та рекуперації тепла;
- відпрацьована система повітропроводів, завдяки чому досягається максимальна насиченість повітря вологою;
- гнучкий модульний принцип побудови конструкції сушарок, що важливо під час «програмування» в конструкції потрібної продуктивності;
- відведення технологічного пилу згідно з новими технічними рішеннями та стандартами;
- вентилятори й техніка для підігрівання повітря мають високу продуктивність;
- оптимальна експлуатація сушарки досягається завдяки безперервному довготривалому процесу сушіння;
- рівномірна вологість висушеного зерна завдячується

- сучасній розвантажувальній технології;
- електротехніка й техніка автоматичного управління та керування виробництва компанії STELA, виготовлена за новими стандартами VDE (Спілка німецьких електротехніків);
- розміщення сушарки можливе в приміщенні або на відкритому повітрі;
- одно- та багатошахтні сушарки, на вимогу також із роздільним режимом експлуатації.

Зерносушарки шахтного типу NEUERO (Німеччина; компанія NEUERO) призначені для сушіння всіх видів зернових культур, ріпаку, насіння соняшнику та бобових. Основними складовими частинами зерносушарки є сушильна шахта завантажувальний та розвантажувальний механізми, вентилятор, теплогенератор, камера нагрітого повітря та випускна камера, прилади контролю, шафа управління. Сушильну шахту встановлено на опори, вона являє

собою сталеву конструкцію, в яку паралельними рядами вмонтовано короби. За високою шахта розділена на сушильну (верхню) та охолоджувальну (нижню) зони. Завантажувальну секцію розміщено у верхній частині зерносушарки (над сушильними секціями) та обладнано завантажувальним пристроєм і датчиками рівня зерна. У нижній частині зерносушарки (під зоною охолодження) встановлено розвантажувальний механізм. Теплогенератор встановлено поруч із шахтою, він може працювати на дизельному пальному або на газі. Теплогенератор подає нагріте повітря безпосередньо до зони сушіння або через теплообмінник. Управління роботою зерносушарки здійснюється оператором з центрального пульта управління. Шахтні сушарки NDT – одноколонні, проточної типу дії. Місткість шахти, залежно від моделі сушарки та її параметрів, може становити 16-264 т. При цьому визначальною у продуктив-



ності сушарки є висота, яка визначається кількістю сушильних секцій і може досягати 19,3 м. Їх продуктивність за сушіння зерна кукурудзи (від 25 до 15%) становить від 2 до 45 т/год. Кожна сушарка NDT у стандартному виконанні містить:

- сушильну колону з повітро-напрямними каналами для притоку та відведення гарячого повітря, конструкційні матеріали – оцинкована сталь або алюміній;
- зовнішні та внутрішні драбини – з перилами, сервісні платформи, ізолювання

сушарки – сендвічними елементами (товщина – 60 мм);

- температурні датчики для контролю паливника й температури висушуваного матеріалу, попереджувальний термостат у шахті гарячого повітря;
- флюгерні датчики наповнення зерном та під час спустошення;
- контролер потоку повітря для витяжки, аварійний вимикач на шафі управління.

Автоматизована система управління SPS процесами

сушіння перебуває в центральній шафі управління. У стандартному варіанті система SPS забезпечує доступне та зрозуміле управління процесами сушіння, автоматизацію всіх процесів і надійне встановлення режимів роботи сушарки завдяки панелі, на якій відображуються всі параметри сушіння. Контролювальними приладами сушарки є попереджувальний термостат і датчик температури продукту сушіння в нижній частині зони нагрівання сушильної колони. Запобіжний термостат містить систему охолодження, автоматично визначаючи час охолодження. Повторне вмикання сушарки можливе лише після зняття блокування в ручному режимі. Температурний датчик продукту сушіння відмикає паливник теплогенератора та розвантажувальний пристрій сушарки за неприпустимого підвищення заданої температури продукту сушіння, подає звуковий сигнал. Водночас вмикається система охолодження. Із досягненням критичної температури в сушильній

колонні миттєво відмикаються паливник і вентилятори системи. Крім того, паливник із витяжним вентилятором обладнано електричною системою блокування: за нештатного скорочення обсягів подачі повітря менше встановленого мінімуму відбувається автоматичне відмикання паливників. Опційно можливе постачання системи дистанційної передачі нестандартних і небезпечних ситуацій на персональний комп'ютер або сотовий телефон. Так само можливе відправлення запиту та отримання інформації про актуальний стан сушарки. Широкий діапазон продуктивності забезпечують зерносушарки шахтного типу NDT-B Neuego – від 8 до 200 т/год. Цей модельний ряд сушарок є модифікацією сушарки NDT і має дещо більшу ширину сушильної колони. Сушарки модельного ряду NDT-B дають змогу зняти 20% вологи (наприклад, під час сушіння кукурудзи) за один прохід. При цьому здійснюється не лише сушіння, а й охолодження зерна. Це дає змогу зекономити чималі кошти на охолодженні зерна. Всі сушарки оснащуються спеціальною тепловою ізоляцією: ізоляційним ковпаком і сушильною колоною з високоякісних сендвічних елементів. Завдяки цьому мінімізуються втрати тепла та закупорення сушильної колони через виділення конденсату. Конструкція сушарки та пристрій вивантаження зроблені так, що зерно проходить рівномірно за всією площею сушильної колони. Завдяки цьому немає осередків перегрівання зерна, що сприяє максимально ефективному використанню тепла. □

