

2. Інтенсивність дихання зерна значно вища при його більшій вологості. На процес накопичення вуглекислого газу та втрати кисню більший вплив має вологість зерна ніж температура його зберігання.

3. Вивчення насінневих властивостей зерна, що зберігалось в герметичних умовах дозволяє зробити висновок, що технологію зберігання в поліетиленових рукавах можливо застосовувати для насінневого зерна.

4. Аналіз мікробіологічних показників зерна показав, що в зерні, яке зберігалось в герметичних умовах з часом не спостерігається підвищення мікробіологічної забрудненості. Контрольний зразок має протилежну тенденцію.

5. Отримані результати біохімічних змін в зерновій масі дозволяють рекомендувати зберігати зерно з вологістю від 14,4 до 18,2 % протягом 210 діб без помітної втрати його якості. Причому краще зберігається зерно в умовах природного навколишнього середовища та температури 4...6 °С.

Література

1. Хранение зерна подсолнечника в пластиковых упаковках: система Silo Bolsa//Хранение и переработка зерна. – 2009, №5 (119). - с. 32-41.
2. Хранение зерен кукурузы в пластиковых упаковках: система Silobag //Хранение и переработка зерна. – 2009, №7. - с.43-49.
3. Трисвятский Л.А. Хранение зерна, М: 1966 г.

УДК 664.72.047,54:005.591.6

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЗЕРНА ВІТЧИЗНЯНИХ ЗЕРНОСУШАРОК ЗМЕНШЕННЯМ ОПОРУ ВНУТРІШНЬОКАПІЛЯРНОЇ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ

Гапонюк І.І., к.т.н., доцент,
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Наведено аналіз технологічних показників роботи зерносушарок провідних іноземних компаній, подано результати досліджень динаміки теплового балансу шахтної прямотечійної зерносушарки за різних параметрів швидкості і температури робочих газів, температури довкілля та різних розмірів зернин, експериментально підтверджено гіпотезу щодо причин зростання опору внутрішньокапілярної дифузії вологи на завершальному етапі зневоднення та чисельні характеристики параметрів цього процесу та тривалості зменшення внутрішньої ентропії, запропоновано технологічні рішення зі зменшення внутрішньокапілярного опору дифузії вологи.

The analysis of the technological indices of the work of the grain drying apparatuses of the contemporary constructions of foreign companies is given, the results of studies of the dynamics of the heat balance of mine direct-flow grain drying apparatus with different parameters of speed and temperature of working gases, ambient temperature and different grain sizes are induced, are experimentally confirmed hypothesis about the reason for an increase in the resistance of the internal- capillary diffusion of moisture in the final stage of dehydration and numerical characteristics of [paramterov] of this process and duration of the process of decreasing [vnutrenny] of entropy, the technological solutions of decreasing the internal- capillary resistance of the diffusion of the moisture are proposed.

The keywords: caryopsis, [slo] of caryopsis, the layer of grain, moisture, heat-, working gases, drying chambers, the diffusion, heat- and moisture exchange, capillary-porous bodies, the moving potential, energy content, the ecology

Ключові слова: зернина, шари зернини, шар зерна, волога, теплота, робочі гази, сушильні камери, дифузія, тепло- вологообмін, капілярно-шпаруваті тіла, рушійний потенціал, енергоємність, екологія.

За попередніми даними Міністерства АП України та Української аграрної конфедерації, в минулому маркетинговому році, попри дефіцит сушильних потужностей близько 35%, та завдяки посушливому літу минулого року, вітчизняний експорт зернових і олійних культур сягнув 20,5 млн.т.

Концепцією Державної цільової програми «Зерно України – 2008 – 2015» передбачається збільшення валового збору зерна до 58 млн.т і більше. На думку Президента Української аграрної конфедерації Л.Козаченка (журнал Фармер за травень ц.р.) вітчизняне сільське господарство «приречене до експорту» і якщо повністю реалізувати його потенціал, то навіть при повному забезпеченні внутрішніх потреб у

продовольстві, близько 80% зібраного урожаю можна буде експортувати.

Проте стримуючим фактором реалізації цієї Концепції є дефіцит зерносушильних потужностей та надмірна енергоємність вітчизняних сушарок. Останній чинник особливо вплинув на активну експансію зерносушарок провідних іноземних компаній на вітчизняний ринок і за різними даними вітчизняні господарства використовують вже більше 250 – 300 таких сушарок. При зазначенні переваг іноземних аналогів інколи послуговуються не зовсім коректним порівнянням технічних характеристик зерносушарок іноземного виробництва сучасних модифікацій із вітчизняними 40 – 50 річної давності. Однак, попри наявність достатньої кількості вітчизняних машинобудівельних потужностей з виготовлення вітчизняних сушарок сучасних модифікацій, багаторічний досвід та науковий потенціал, зернопереробні підприємства ще досі, інколи з необ'єктивних на нашу думку причин, віддають перевагу іноземним зерносушильним агрегатам.

Для захисту вітчизняного ринку від експансії іноземного зерносушильного устаткування та зменшення обсягів споживання теплоносіїв для зневоднення зерна зібраного урожаю вдосконаленням технології сушіння зерна присвячено наші дослідження.

Забігаючи наперед, хотілось би відмітити, що стендові дослідження дозволили підтвердити гіпотезу щодо причини зростання внутрішньо-капілярного опору дифузії вологи на завершальному етапі зневоднення, а виробнича апробація цих напрацювань з вдосконалення технології сушіння зерна, адаптованої до морально-застарілих шахтних зерносушарок вітчизняного виробництва, - збільшити їх продуктивність до 40% та зменшити енергоємність до 30 – 35%, покращити пошарову однорідність сушіння і суттєво зменшити викиди у довкілля легких домішок зерна.

Для кращого сприйняття значимості проблеми енергозбереження сушіння зерна, в табл.1 викладено розрахункову потребу теплоти в газовому еквіваленті для зневоднення зібраного урожаю зерна найбільш розповсюдженими (до 80% загальної кількості) шахтними зерносушарками вітчизняного виробництва, порівняно з їх модернізованими аналогами та сушарками провідних іноземних виробників сучасних модифікацій.

Таблиця 1 – Витрати теплоти на сушіння зерна сушарками різних модифікацій та виробників

Витрати теплоти на сушіння	Од. виміру	ДСП-32от	Модернізована		Прогресивні іноземного вир-ва	Втрати теплоти по відношенню до	
			ДСП-32М	ДСП-32М та аерація		модернізован ДСП-32М	іноземних сушарок
1 пл.т.1%	x10 ³ кДж	59,83	47,87	39,89	30,21	19,94	29,62
	м ³ газу	1,88	1,51	1,25	0,95	0,63	0,93
1 година роботи ДСП-32от (32 пл.т)	x10 ³ кДж	11488,0	9190,4	7658,6	5800,3	3829,32	5687,65
	м ³ газу	361,3	289,0	240,8	182,4	120,42	178,86
1 доба роботи ДСП-32от (656 пл.т)	x10 ³ кДж	235503	188403	157002	118907	78501	116597
	м ³ газу	7405,8	5924,6	4937,2	3739,2	2468,59	3666,57
1 сезон роботи ДСП-32от (45діб - 30 тис.пл.т)	x10 ³ кДж	10769976	8615981	7179984	5437800	3589992	5332176
	x10 ³ м ³ газу	338,7	270,9	225,8	171,0	112,9	167,7
50 млн.т.зерна (δW=8 %)	x10 ³ x10 ³ кДж	23933280	19146624	15955520	12084000	7977760	11849280
	x10 ³ x10 ³ м ³ газу	752,6	602,1	501,7	380,0	250,87	372,62

Примітки: розрахунки наведено для літньо-осіннього періоду роботи сушарок; для зимового періоду сушіння - застосовувати поправочний коефіцієнт K=1,17 – 1,22; витрати теплоти пароутворення 1% вологи 1т зерна, в перерахунку на газ для становлять: 24,5/31,8/0,99 = 0,78 кг/ 1т x1%. Де 2,45 МДж/кг – теплота фазових перетворень 1 кг води, 31,8 МДж/1 кг – тепло утворююча спроможність природного газу.

З наведеної таблиці 1 видно, що модернізацією більшості існуючих морально застарілих зерносушарок типу ДСП можна заощадити теплоту в газовому еквіваленті до 250 млн.м³ і більше, а заміною їх на сучасні зерносушарки провідних іноземних компаній – до 350 – 370 млн.м³.

В своїх дослідженнях ми задалися питанням, чи можна модернізацією старих зерносушарок вітчизняного виробництва покращити їх технічні показники до рівня іноземних і чи буде така модернізація економічно виправданою, та яка зерносушарка завтрашнього дня ?

З рекламними проспектами та даними виробничих досліджень нами було виконано аналіз технологічних показників найбільш поширених модифікацій зерносушарок іноземних виробників на вітчизняному ринку, та зазначено їх відмінності від вітчизняних (табл. 2).

Оскільки сушарки вітчизняного виробництва в своїй більшості шахтного типу, тому використати окремі із переваг камерних та баштових сушарок іноземного виробництва для вдосконалення таких вітчизняних ускладнено. Особливо це стосується незмінності параметрів товщини шару зерна в перетинах тепло-вологообмінних камер та його порівняно більша від вітчизняних величина 31 см, значно більший живий перетин внутрішньої та зовнішньої поверхні тепло-вологообмінних камер, більші фіктивні швидкості на вході і виході із шару зерна, менші втрати енергії течії робочих газів.

Із наведених в табл.2 даних відмітимо найбільш суттєві відмінності технології сушіння іноземних зерносушарок:

- використання теплоти відпрацьованих газів після зони охолодження;
- неперервний стан рухомості шару зерна в тепломасообмінних камерах;
- порівняно більша товщина шару зерна;
- більший «живий перетин» ситової поверхні тепло-масообмінних камер;
- менші втрати енергії течії робочих газів при підведенні їх до шару зерна;
- менші втрати теплоти через поверхні газопроводів та камер сушарки;
- менші втрати теплоти з відпрацьованими газами та більша їх відносна вологонасиченість;

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика зерносушарок вітчизняного та іноземного виробництва
(за даними рекламних проспектів та виконаних авторських досліджень)

Показники	Переваги		
	вітчизняних		іноземних
	прямотеч.	рецикул	
Стан рухомості шару зерна	періодично-малорух (рухом)		малорух
Спосіб підведення газів	нагніталь (комбінов)		комбін
Попереднє підгрівання зерна	відсут	частков	відсут
Використання теплоти відпрацьованих газів	відсут	частков	частков
Режим сушіння	спадний		висхідний
Товщина шару зерна, см	22		31 (*
Вологонасиченість відпрацьованих газів	неповна		повна
Стабільність роботи, рівень автоматизації (АСУ)	н/висока		висока
Посадження методів та способів сушіння	відсутнє	частково	наявне
а) нагрівання зерна (конвект, кондук, опромін)	відсут		частков
б) сушіння зерна (швидкісні, повільні, відлежування)	відсут		частк
Рівень пожежовихубезпеки	н/високий		
Екологічний рівень безпеки	н/високий		вибірково
Енергоємність сушіння: МДж/кг вол.	5,4 - 6,8		3,2 - 6,1
питомі витрати природного газу (м ³ /1т1%)	1,5 - 1,9		0,9 - 1,7
Швидкість течії робочих газів (фіктивна), м/с	0,42		0,4 – 0,44
Питомі витрати газів, м ³ /1т1%	530 – 590		600 - 650
«Живий» перетин тепломасообмінних камер, %	6 – 9		25 – 32 (*
Експлуатаційні витрати	невисокі		високі

Примітки: *) – лише для зерносушарок з ситовою поверхнями тепло-масообмінних камер

Для вдосконалення технології сушіння вітчизняних сушарок нами були виконані дослідження витрат теплоти і параметрів відпрацьованих газів прямотечійних шахтних зерносушарок з сушіння різних за розміром зернин культур (ріпак та кукурудза), різних параметрах газів довкілля (літо - осінь) та різних швидкостях течії і температури робочих газів ($v_0=0,4$ та $v_0=0,1$ м/с; $t_0=70 - 140$ °С).

В табл.3 представлено динаміку змін структури витрат теплоти сушіння зерна в шахтних прямоте- чійних зерносушарках на різних етапах сушіння.

Із цих досліджень видно, що на початковому етапі сушіння зерна значна частка теплоти робочих га- зів (75 – 90 %) витрачається на випаровування вологи з поверхневих шарів зернини, а частка теплоти на нагрівання зерна – мінімальна (до 1 – 5 %) і на цьому етапі температура зерна не зростає. Оскільки інтен- сивність вологообміну пов’язана із температурою зернини, на цьому етапі швидкість сушіння найменша. На завершальному етапі сушіння на оборот, частка теплоти робочих газів на випаровування вологи з внутрішніх шарів зернини суттєво зменшується (до 20 – 30 %), а частка теплоти на нагрівання зерна від- повідно зростає. Із зменшенням частки теплоти на випаровування вологи з зерна, зростають втрати теп- лоти з відпрацьованими газами та зменшується їх вологовміст і відносна вологість. Із цим пов’язано зна- чне зростання питомих витрат теплоти з сушіння зерна на завершальних етапах його зневоднення, що можуть кількразово (додатковий опір внутрішньої дифузії вологи Δr на рис.1) перевищувати розрахун- ково необхідні для фазових перетворень (рис.1).

Таблиця 3 – Динаміка витрат теплоти сушіння зерна у сушарках вітчизняних конструкцій

Параметри	Показники, %			
	усередненні показники	порушені ре- жими (*	етап сушіння	
			початковий	завершальний
випаровування вологи	53,2	37	85	25
нагрівання зерна	15	12	1	18
втрати з відпрацьованими газами	23,9	45	9	45
втрати через поверхню сушарки	6,9	5	4	11
втрати з недоспалюванням палива	1	1	1	1
Разом	100	100	100	100

Примітки: *) – із-за конструктивних особливостей зерносушарок та незмінних параметрів течії робочих газів (t_0 і v_0) впродовж всього процесу сушіння.

Нами встановлено причину зростання внутрішнього опору Δr і розроблено способи його суттєвого зменшення в технології сушіння зерна шахтними зерносушарками. Перш за все у вдосконаленій техноло- гії необхідно на етапі підігрівання вологого зерна збільшувати коефіцієнт теплообміну із одночасним зменшенням коефіцієнту вологообміну, по завершенню нагрівання вологого зерна в першій сушильній зоні слід збільшити коефіцієнт вологообміну, в наступних сушильних зонах зменшувати рушійний поте- нціал, на завершальному етапі зневоднення застосовувати перемінний вплив рушійного потенціалу воло- гообміну (особливо для зернових куль- тур з великими розмірами зернин), зме- ншувати внутрішньокапілярний тиск зменшенням коефіцієнту міжфазового (граничного) вологообміну, тощо. Деякі із рекомендацій були використані для розробки удосконаленої технології су- шіння зерна в шахтних зерносушарках, успішно апробовані на 4-х зернозаготів- лельних підприємствах Південного та Західного регіонів України і довели можливість покращення технологічних показників вітчизняних модернізованих зерносушильних агрегатів до рівня іно- земних аналогів за кількразово мен- ших витратах.

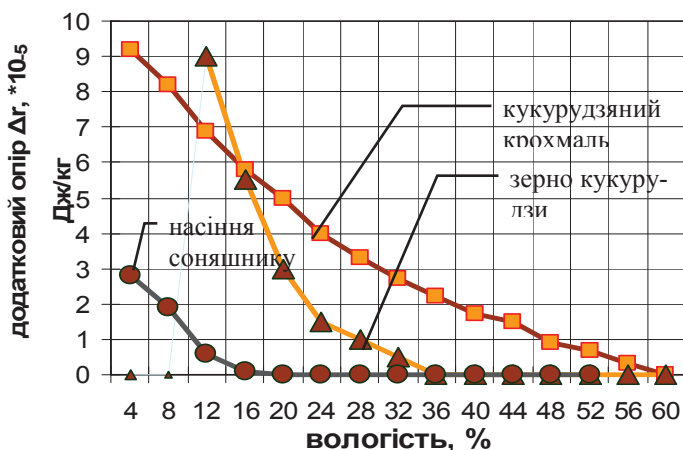


Рис. 1 – Залежність додаткової енергії на подолання внутрішнього опору дифузії вологи від вмісту вологи

ведення робочих газів в сушильну камеру на швидкість сушіння зерна. Із цих досліджень видно, що за незмінних параметрів робочих газів (t_0 і v_0) зі змінням способу підведення робочих газів із «під нагні- танням» на «під розрідженням» коефіцієнт вологообміну і відповідно швидкість сушіння зростають до 30 %.

На рис.2. представлено результати досліджень впливу різних способів під- ведення робочих газів в сушильну камеру на швидкість сушіння зерна. Із цих досліджень видно, що за незмінних параметрів робочих газів (t_0 і v_0) зі змінням способу підведення робочих газів із «під нагні- танням» на «під розрідженням» коефіцієнт вологообміну і відповідно швидкість сушіння зростають до 30 %.

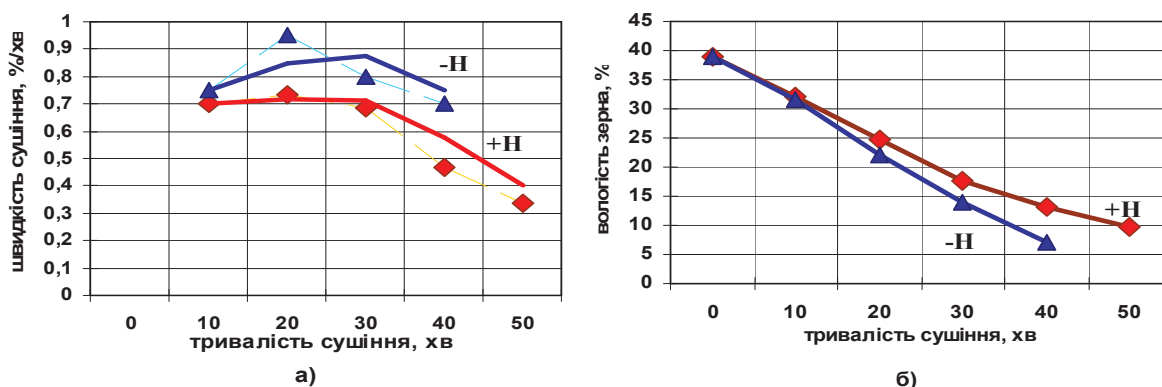
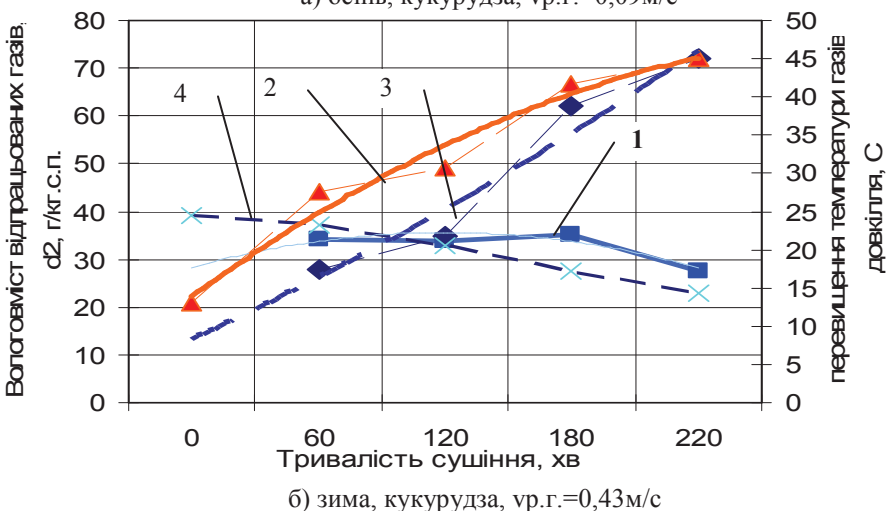
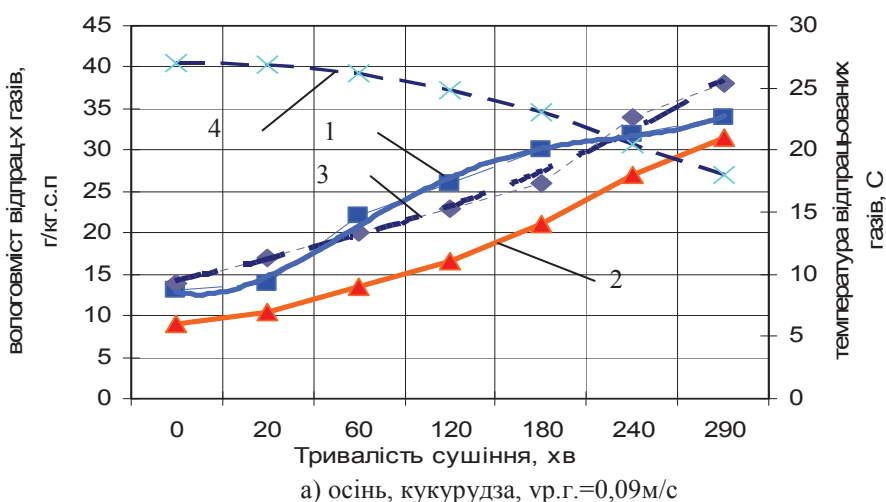


Рис. 2 – Сушіння зерна двома способами підведення робочих газів під тиском (+Н) та під розрідженням (-Н) ($t_1=100\text{ }^\circ\text{C}$): а) швидкість сушіння, б) кінетика сушіння

Виконаними дослідженнями залежності параметрів відпрацьованих робочих газів після сушильних зон шахтної прямотечійної зерносушарки ДСП-32 (рис.3) від швидкості течії робочих газів для різних



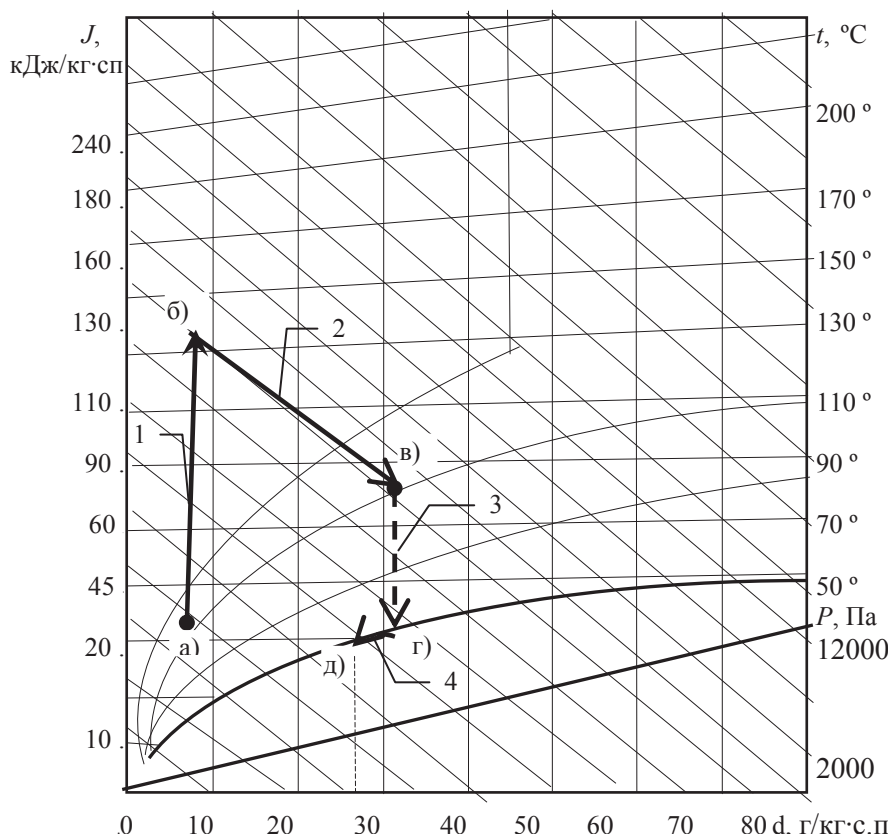
1 – фактичний вологовміст відпрацьованих газів, d_f ; 2 – перевищення температури відпрацьованих газів температури довкілля, Δt ;
3 – максимально можливий вологовміст відпрацьованих газів $d_{макс}$;
4 – динаміка вологості зерна, W

Рис. 3 – Зміна параметрів відпрацьованих газів при сушінні зерна кукурудзи в сушарці ДСП-32 от при різних швидкостях та в різні пору року

зернин малорухомого шару зерна не спостерігається.

температури і вологості газів довкілля, дозволили встановити можливість використання теплоти цих газів для попереднього підігрівання зерна в малорухомому стані. На I-D діаграмі Рамзіна представлено процес теплообміну для газів з підвищеною вологовмістом після тепло-вологообмінних камер 1-ої і 2-ої сушильних зон за спадних температурних режимів зневоднення основного та завершального етапів сушіння шахтної прямотечійної зерносушарки (рис.4). Лише на 4-му етапі теплообміну (ділянка Г-Д діаграми рис.4) можлива конденсація вологи на поверхні нерухомого шару зерна із нерухомого газового середовища. Проте за умов рухомості фазових середовищ, для заданих параметрів відпрацьованих газів ($d_2 < 30\text{ г/м}^3$, $v_2 > 0,2\text{ м/с}$, $t_2 > 45\text{ }^\circ\text{C}$) та шару зерна ($W_0 > 18\%$, $\theta_0 < 15\text{ }^\circ\text{C}$, $v > 0,001\text{ м/с}$) конденсації крапельної вологи на поверхні

На основі цих та інших досліджень зі збільшення швидкості сушіння зерна, зменшення втрат теплоти з відпрацьованими газами, використання теплоти відпрацьованих газів перемінного вологовмісту та



1 – сумішеприготування газів довілля та продуктів спалювання палива, сегмент (а – б); 2 – тепло-масообмін із шаром зерна, сегмент (б – в); 3 – використання теплоти відпрацьованих робочих газів для попереднього нагрівання шару зерна, сегмент (в – г) та 4 – тепло-масообміну фазових перетворень, сегмент (г – д)

Рис. 4 – Змінення параметрів робочих газів удосконаленого зерносушильного агрегату по I-d діаграмі

застосування різних способів і режимів сушіння нами було розроблено напрямки удосконалення технології сушіння шахтних зерносушарок (табл.4), окремі з яких апробовано на зернозаготівельних підприємствах. Зокрема на фотографіях 1–3 представлено окремі приклади модернізації шахтних зерносушарок типу ДСП-32 із застосуванням спадних режимів сушіння, змінення способу підведення робочих газів, зменшення викидів у довкілля легких домішок, використання теплоти відпрацьованих газів заданого вологовмісту, зменшення втрат теплоти з відпрацьованими газами після тепловологообмінних камер 2-ої сушильної зони та зменшення травмування поверхневих шарів зернин. Крім зазначеного доведено

економічну доцільність технології змінення коефіцієнту зовнішнього тертя змінним пошаровим вологовмістом зернини конвективним способом для покращення подільності зернової суміші на ситових сепараторах із плоскими ситами.

Таблиця 4 – Напрямки вдосконалення технології сушіння зерна

Операції	Традиційна технологія	Вдосконалена технологія		Результат
		комбіновані методи	комбіновані режими	
Попереднє зневодження механічно зв'язаної вологи	відсутнє	пронизування зваженого стан рухомості шару зерна, робочими газами ($\tau=3...5c$, $t_1=100...140\text{ }^{\circ}C$)		збільшення коефіцієнтності суміші та зменшення питомих витрат енергії
Відділення сміттєвих домішок	частково, технологічно ускладнено	повне відділення домішок та часткове підігрівання зерна		зменшення енерговитрат, зменшення забруднення довілля
Підігрівання зерна	відсутнє	ТНВЧ	Відпрацьованими газами	інтенсифікація сушіння

Продовження таблиці 4

Операції		Традиційна технологія	Вдосконалена технологія		Результат
			комбіновані методи	комбіновані режими	
Відлежування перед сушильною камерою		відсутнє	відсутня технологічна потреба	надсушили на ємність (15...25хв)	збільшення a_m, β та одноступіння, збільшення вологопоглинаючої здатності роб.газів
Аеродинамічній	режим	нагнітання	розрідження		
	швидкість газів	$v_{Tр1}^1 < v_{H1}^1, v_{Tр1}^2 < v_{H1}^2, v_{Tр1}^3 \leq v_{H1}^3$			
Регулювання параметрів відпрацьованих газів (t_2, d_2, φ_2)		–	швидкість течії та волого насиченість газів $d_2 = f\left(\frac{t_1}{v_1}\right); \varphi=f(v, \Delta, \tau, 1/W)$		зменшення втрат теплоти з газами
Температурний	режим	висхідний	спадний		одноступіння
	температура	$t_{Tр1}^1 > t_{H1}^1, t_{Tр1}^2 > t_{H1}^2, t_{Tр1}^3 \geq t_{H1}^3$			
Зневодження	1 зона	$t_1^1, d_1^1, v_1^1, L_1^1$	$t_1^1, d_1^1, v_1^1, L_1^1$	$t_1^1, d_1^1, v_1^1, L_1^1$	–
	11 зона	$t_1^2 > t_1^1, d_1^2 = d_1^1, v_1^2 \leq v_1^1, L_1^2 \leq L_1^1$	$t_1^2 < t_1^1, d_1^2 = d_1^1, v_1^2 \leq v_1^1, L_1^2 \leq L_1^1$		збільшення a_m, β та однорідності сушіння
	11 зона	–	$t_1^3 < t_1^2, d_1^3 = d_1^2, v_1^3 \leq v_1^2, L_1^3 \leq L_1^2$		
	11 зона	імпульс.прод.	відсутня	20...50сек	
11 зона	досушення	відсутнє	10...20 хв		
Відлежування зерна		–	АВ		зменшення енерговитрат, покращення одноступіння, більша тривалість
Охолодження зерна		–			

За результатами виробничих впроваджень в табл. 5 наведено порівняльну характеристику економічної доцільності модернізації зерносушарки ДСП-320Т поряд з альтернативним варіантом заміни її на імпортні сушарки провідних іноземних фірм. Для заповнення таблиці були використані проспекти представництв іноземних фірм-виробників та апробовані дані вітчизняних наукових установ та науково-виробничих підприємств з модернізації сушарок (за даними ПНВП «ЗЕНІД» та ОНАХТ).

Таблиця 5 – Техніко-економічне обґрунтування модернізації зерносушильного комплексу

Показники	Од.вим.	Модернізація вітчизняних			Закупівля імпортних			
		ДСП-320т	ДСП-320т x 2	ДСП-50	SD-12 Педротті	SD-20 Педротті	Farm-Fans CMS1500H	GDT200/20 /3 Riela
Культура		кукурудза						
Вологість: початкова	%	30	30	30	30	30	30	30
кінцева,	%	14	14	14	14	14	14	14
Продукт-ть сушарки, сезонна	т/50діб	23604	47207	63794	9979	16631	14512	15367
Питомі витрати газу	м³/1т%	1,78	1,78	1,6	1,25	1,22	1,22	1,18
	л/1т%	2,28	2,28	2,05	1,60	1,56	1,56	1,51
	диз.палива	кг/1т%	1,44	1,44	1,24	0,98	0,98	0,98

Показники	Од.вим.	Модернізація вітчизняних			Закупівля імпортних			
		ДСП-32от	ДСП-32от x 2	ДСП-50	SD-12 Педротті	SD-20 Педротті	Farm-Fans CMS1500H	GDT200/20 /3 Riela
Витрати палива, газу	т.грн	4490	8980	12135	1292	2153	1879	1989
сезон скрапл. газу	т.грн	2015	4029	4894	598	973	849	870
диз.палива	т.грн	3620	7239	8794	1075	1748	1525	1562
Економія пального:	%	19	23	13	31,9	31,9	31,9	32,6
сезон газу	т.грн	853	2065	1578	606	1011	882	954
сезон скрапл. газу	т.грн	383	927	636	254	447	390	442
диз.палива	т.грн	688	1665	1143	343	558	487	510
Затрати на модерніз / придбання, разом	т.грн	167	321	301	1849	2918	2189	2235
Окупність, на газу	сезон	0,44	0,35	0,47	7,29	6,53	5,62	5,06
на скрапл.газу	сезон	0,24	0,19	0,26	5,39	5,22	4,49	4,38
на диз.паливі	сезон	0,20	0,16	0,19	3,05	2,89	2,48	2,34

Отже, за критерієм розміру одноразових затрат та періоду їх окупності найбільш **економічно доцільним напрямком заощадження теплоносій є удосконалення технології сушіння і конструкції шахтних сушарок вітчизняного виробництва**. Із табл. 5 видно, що затрати на модернізацію сушарок в 5...9 разів швидше окупляться від затрат на їх заміну імпортними.

Очевидним є те, що ці елементи модернізації сушарок якісніше та дешевше реалізувати в більш пристосованих для цього заводських умовах на етапі їх виготовлення. Проте більшість із них обмежено співпрацюють із науковцями і проблеми енергоємності вітчизняних зерносушарок вирішують налагодженням виробництва іноземних аналогів, що на нашу думку є стратегічно невиправданим. Лише Одеський машинобудівельний завод НПО «ЗЕО» активно працює над вдосконаленням вітчизняних зерносушарок і уже освоїв їх кілька модифікацій, налагодив серійне виробництво вдосконалених конструкції тепло-вологообмінних камер.

На завершення цієї публікації ми сподіваємося, що змогли переконати керівників заготівельних підприємств та машинобудівельних підприємств в економічній доцільності модернізації існуючих зерносушарок та виготовляти вітчизняні високопродуктивні і низькоенергоємні модифікації шахтних зерносушарок.





Література

1. Бурдо О.Г. Энергетика харчових нанотехнологій // Наукові праці ОДАХТ, 2003. – № 27– С.192–98
2. Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна. [Монографія]–Одеса.: Поліграф, 2009.–82с..
3. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239 с.
4. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: КолоСС, 2004. – 240 с.
5. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: [Уч. пособие.]// – К.: Вища шк. – 1991. – 367 с.
6. Станкевич Г.М. Современная сушка семян подсолнечника – залог их качества и сохранности // Олійно-жировий комплекс, № 2, 2003. – С. 25–28.

УДК 664.743.02:519.876.5

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВА ІНТЕСИФІКАЦІЯ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ПІДВИЩЕНОЇ ВОЛОГОСТІ

Гапонюк І.І., к.т.н., доцент, Шаповаленко О.І., д.т.н., професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Наведено аналіз сучасного стану очищення зерна від різноманітних домішок та технологічні рішення цього питання, зазначено методи інтенсифікації сепарування та проблемні питання з очищенням зернової суміші підвищеного вологовмісту, досліджено вплив наявності механічно-зв'язаної вологи та підвищеного вологовмісту поверхневих шарів частинок зернової суміші на її подільність, обґрунтовано спосіб та режими підвищення сипкості компонентів зернової суміші змінням вологовмісту поверхневих шарів частинок домішок цієї суміші меншої натурної маси від зерна.

Analysis of the contemporary state of removal of different admixtures from grain and technological resolutions of this question is given, methods of cleaning and intensification of separation and problematic questions of cleaning the grain mixture of the increased moisture content are indicated, is investigated the influence of the presence of the mechanically- connected moisture and increased moisture content of the surface layers of the particles of grain mixture on its divisibility, is substantiated method and regimes of an increase in the friability of the components of grain mixture by a change in the moisture content of the surface layers of the particles of this mixture of smaller full-scale mass than grain.

The keywords: storage of grain, grain, the admixture of grain, moisture, separation, effectiveness

Ключові слова: зберігання зерна, домішки зерна, волога, сепарування, сипкість, ефективність.

Для доведення показників якості зерна зібраного урожаю до базисних кондицій, зерно перед розміщенням його на зберігання згідно Правил [7] обов'язково очищають від смітцевої, зернової та інших до-