

ТЕСТ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ – Енергоефективний процес сушіння зерна кукурудзи при використанні сушарок TORNUM серії HR

Сьогодні все частіше постає питання доцільності й необхідності використання ефективних технологій та енергоекономічного обладнання для сушки зернових культур. Навіть за умов широкого вибору та великої кількості пропозицій різноманітного обладнання на ринку, актуальною залишається й проблема збереження високої якості зерна під час його обробки та зберігання на зернокомплексах. Саме показники якості зерна посідають чільне місце у вимогах експортерів. Особливу увагу приділяють кукурудзі, адже значна частина врожаю від загального обсягу цієї культури йде на експорт.

*Віталій Фіцик, Інженер проектів
TORNUM АВ в Україні*

Для більш професійного вирішення проблеми вибору якісного, надійного та енергоефективного сушильного обладнання розглянемо результати тестування ефективності роботи сушарки TORNUM HR8-27-3, проведеного на базі зернокомплексу ТОВ «Агрофірма-Обрій» (с. Голосків Летичівського р-ну Хмельницької області).

На перший погляд при виборі обладнання достатньо лише ознайомитись з технічними даними та показниками, наведеними в документації. Проте кращою оцінкою та підтвердженням технічних характеристик є їх вимірювання та оцінювання безпосередньо в роботі.

Тому в розпалі сезону збирання та переробки кукурудзи, було проведено випробування ефективності роботи сушарки на базі зернокомплексу, збудованого компанією TORNUM. Керували тестуванням представники заводу-виробника. Досліджувалась сушарка для зернових культур моделі HR8-27-3 безперервної дії зі змішаним потоком, рекуперацією тепла та системою контролю пилових викидів виробництва TORNUM АВ (Швеція).

Показники паспортної продуктивності при сушінні зерна кукурудзи наведені в табл. 1.

Вхідні дані, отримані в результаті тестування:

Тестовий період	7 годин
Показник газового лічильника перед початком випробування	191178 м ³ і 322457 Нм ³
Показник газового лічильника після випробування	193506 м ³ і 324853 Нм ³
Температура навколишнього середовища, середня	7,4°C
Відносна вологість навколишнього повітря, середня	76,5 %
Середня вологість партії зерна, вхідна	26,9 %
Середня вологість партії зерна, вихідна	15,8 %
Маса сухого зерна кукурудзи, отриманого при тестуванні	88800 кг
Температура агента сушіння, середня	83°C

- **Визначаємо масу сирого зерна, висушеного за тестовий період:**

Де

$WG = \text{Маса вологого зерна (кг)}$

$DG = \text{Маса сухого зерна (кг)}$

$OM = \text{Вологість зерна на виході із сушарки (\%)}$

$IM = \text{Вологість зерна на вході в сушарку (\%)}$

- **Продуктивність сушарки за тестовий період склала 217,498 т/7 год = 31,1 т/год.**

Проводимо перерахунок паспортного показника продуктив-

ності, наданого заводом-виробником, у відповідності до умов тестування.

- **Температура сушіння °C**

Продуктивність сушарки буде зменшуватись відповідно до зменшення температури агента сушіння по кривій, зазначеній на графіку 1.

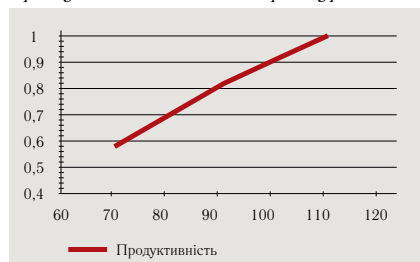
Оскільки при температурі агента сушіння 83°C продуктивність зменшується на 26,5 %, отримуємо продуктивність в перерахунку по температурі:

Таблиця 1.

Вид зерна	Вхідна вологість зерна, %	Вихідна вологість зерна, %	Температура агента сушіння, °C	Кількість просушеного зерна, т/год
Температура навколишнього середовища 10°C, відносна вологість повітря 75 %				
Кукурудза	35	14	110	28,8
Кукурудза	30	14	110	34,6
Кукурудза	25	14	110	44,8



Графік 1.
Продуктивність-Температура



Графік 2.
Продуктивність-Вхідна вологість %



Графік 3.
Продуктивність-Вихідна вологість %



**РІЗНИЦЯ В ПРОДУКТИВНОСТІ
ПРИ ЗМЕНШЕННІ ТЕМПЕРАТУРИ
АГЕНТА СУШІННЯ СКЛАДАЄ:
Вхідна вологість зерна (%)**

Продуктивність сушарки буде зменшуватись відповідно до збільшення рівня вологості зерна на вході по кривій, зазначеній на графіку 2.

За паспортними даними сушарки продуктивність складає 44,8 т/год при зменшенні вологи з 25 % до 14 %, тому при вологості зерна на вході 25 % продуктивність складе 0,637 від значення продуктивності при вологості 20 %. Розрахункове значення продуктивності сушарки при даній вологості: т/год.

Під час тестування середня вологість складала 26,9 %. Відповідно за графіком, 26,9 % забезпечить 0,57 продуктивності при 20 %. Тоді:

**РІЗНИЦЯ ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ
ВИХІДНОЇ ВОЛОГОСТІ ЗЕРНА
СТАНОВИТЬ:**

Вихідна вологість зерна (%)

Продуктивність сушарки буде збільшуватись при збільшенні рівня вологості зерна на виході по кривій, зазначеній на графіку 3.

Відповідно за графіком вміст вологи 15,8 % забезпечить коефіцієнт 1,055 продуктивності при вмісті 14 %. Тоді:

**РІЗНИЦЯ В ПРОДУКТИВНОСТІ
ПРИ ЗБІЛЬШЕННІ ВИХІДНОЇ
ВОЛОГОСТІ ЗЕРНА СТАНОВИТЬ:**

Визначаємо теоретичну продуктивність даної сушарки, використовуючи показники умов тестування: вологого зерна.

Енергетичний розрахунок

Під час тестування використано 2328 м³ або 2396 Нм³ природного газу. Його показники вимірювались електронним лічильником, встановленим безпосередньо перед сушаркою. Часова витрата газу складала за період тесту 332 м³ та 342,3 Нм³ відповідно.

Приймаючи теплоту згоряння природного газу рівною 35,6 МДж/Нм³, вираховуємо теплову потужність за умов тестування:

Розрахункова паспортна теплова потужність за умов, зазначених в табл. 1 при сушінні зерна кукурудзи з 25 % до 14 % складає $P_t = 5668$ кВт. При сушінні 44,8 тон зерна кукурудзи з 25 % до 14 % за одну годину випаровується $M_1 = 5730$ кг/год води.

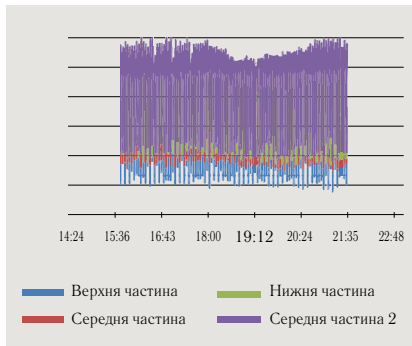
Показник теоретичної питомої енергоефективності складає:

$$E_t = P_t / M_1 = 5668 / 5730 = 0,989 \text{ кВт/кг}$$

Під час тесту просушено 31,1 тон сирого зерна з 26,9 % до 15,8 %, при цьому випарувалось 4100 кг/год води.

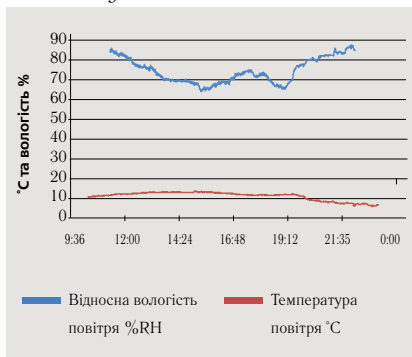
Графік 4.

Температура сушіння °С



Графік 5.

Зовнішні умови



Показник отриманої питомої енергоефективності складає:

$$E_p = R_p / M_2 = 3385 / 4100 = 0,826 \text{ кВт/кг.}$$

Виходячи з проведеного аналізу даних, отриманих під час тестування сушарки моделі HR8-27-3 при фіксованих умовах, визначено, що продуктивність (т/год) дещо перевищила зазначену в паспортних даних від заводу-виробника.

Розрахункова продуктивність за умов тестування, складає 30,7 т/год.

Під час тестування досягнута продуктивність в 31,1 т/год!

Показники якості, отримані в лабораторії зернокомплексу, після тестування сушарки мають наступні характеристики:

Показники якості зерна	Вхідна якість зерна в сушарку	Вихідна якість зерна із сушарки
Вміст сміттевої домішки, %	1,2	1,5
Вміст зернової домішки, %	2,0	2,5
Біті зерна	0,5	1,0
Пошкоджені зерна	1,5	1,5

Енергоспоживання менше на 16 % від теоретично визначеного.

Розрахункова питома енергоефективність = 0,989 кВт/кг.

Отримана питома енергоефективність = 0,826 кВт/кг.

Згідно з вимогами методики тестування, температура агента сушіння вимірювалось в чотирьох точках сушарки (графік 4).

Середня температура на основі вимірів у чотирьох точках склала 83°C при заданій на контролері пального 90°C. Причиною цього є періодична робота системи контролю пилових викидів при розвантаженні сушарки.

Підводячи підсумок по роботі зернових сушарок, слід зазначити основні параметри, що впливають на їх продуктивність:

- Тип зерна
- Рівень вмісту вологи в зерні на вході в сушарку
- Умови стабільності рівня вологості вхідного потоку зерна протягом певного періоду
- Рівень вмісту вологи в зерні на виході із сушарки
- Температура агента сушіння
- Температура навколишнього середовища
- Відносна вологість навколишнього повітря
- Енергоємність палива (теплота згорання)
- Кількість домішок в зерні (показники якості)

Відхилення значень продуктивності сушарки можуть бути викликані також фізіологічними властивостями зерна: сорт, розмір ядра, хімічний склад, зрілість, структура. 🌾