

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

Постнікова М. В., Нестерчук Д. М.

Таврійський державний агротехнологічний університет (м. Мелітополь)

*Досліджений вплив фізико-хімічних факторів на енергоємність процесів очищення зерна.*

**Постановка проблеми.** Основу проблеми подальшого вдосконалення післязбиральної обробки зерна в умовах господарств складають задачі підвищення якості кінцевого продукту та зниження енергоємності процесу очищення зерна.

Раціональне використання електроенергії на зернопунктах, оснащених енергоємним технологічним обладнанням, особливо актуально тепер, коли прийнята Національна енергетична програма України з енергозбереження. Відомо, що 1 одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менш 5 одиниць первинних енергоресурсів [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз літературних джерел показав, що в даний час накопичений певний практичний досвід в галузі дослідження робочих процесів електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах, при цьому особливий інтерес представляє питання вивчення взаємозв'язку між енергетичними характеристиками технологічного обладнання при очищенні зерна. Дослідженнями цих питань займалися вчені в системі хлібоприймальних підприємств: В.І. Калінцев, М.М. Преображенський, Д.Г. Сегеда, П.П. Ястребов. А в сільському господарстві – для агрегатів, які випускає “Вороніжсільмаш”: В.В. Громак, Н.А. Устименко, А.А. Гончаров, Г.І. Коршунова, О.П. Карпова, І.В. Киселиця [2-4]. Однак, досліджень по цьому питанню проводилось не достатньо.

**Мета статті.** Дослідження впливу фізико-хімічних факторів на енергоємність процесів очищення зерна.

**Основні матеріали дослідження.** Аналіз показав, що витрати електричної енергії в технологічних процесах обробки зерна на одиницю продукції в 2-3 рази відрізняються для однакових зерноочисних агрегатів. На даний час відсутня методика, що дозволяє проаналізувати вплив режимів роботи обладнання на ефективність перетворення та використання електричної енергії як в окремих поточкових лініях, так і в цілому по зерноочисним агрегатам. При цьому встановлено, що найбільш інформативним показником для визначення енергозберігаючих режимів роботи є питома витрати електричної енергії на процес обробки зерна. Встановлено, що дослідження впливу режимів роботи силового електрообладнання на процеси перетворення та використання електроенергії найбільш доцільно проводити на базі зерноочисних агрегатів вітчизняного виробництва ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25.

Як показали дослідження [2, 3] всі фактори, які впливають на питоми витрати електроенергії стосовно до зернопунктів сільського господарства можна поділити на наступні виробничі фактори: фізико-хімічні,

технологічні, енергетичні.

До фізико-хімічних факторів відносяться: вид зернової культури, вологість, засміченість, об'ємна маса, сипкість, свіжість, гігроскопічність, скважистість.

Найбільший вплив на питому витрату електроенергії оказують вид зернової культури, вологість зерна. Питома витрата електроенергії на очистку ячменя вище, ніж пшениці в середньому на 13 %, на очистку однієї тонни насіння вище, ніж однієї тонни продовольчого зерна в середньому на 20 %. Із збільшенням вологості на 1% питома витрата електроенергії збільшується в середньому на 0,2 кВт·год./т – 18 %. Пояснюється це тим, що із збільшенням вологості зерна зменшується його об'ємна маса. А це є причиною зниження продуктивності зерноочисних машин. В середньому їх продуктивність при зростанні вологості на 1 % знижується на 0,5 т/год. [2-4].

Дослідження проводилися для зерна з різною вологістю в межах від 10 до 17%. В результаті досліджень було отримано безліч енергетичних характеристик, з яких видно, що питома витрата електроенергії із збільшенням вологості зерна зростає (рисунок 1).

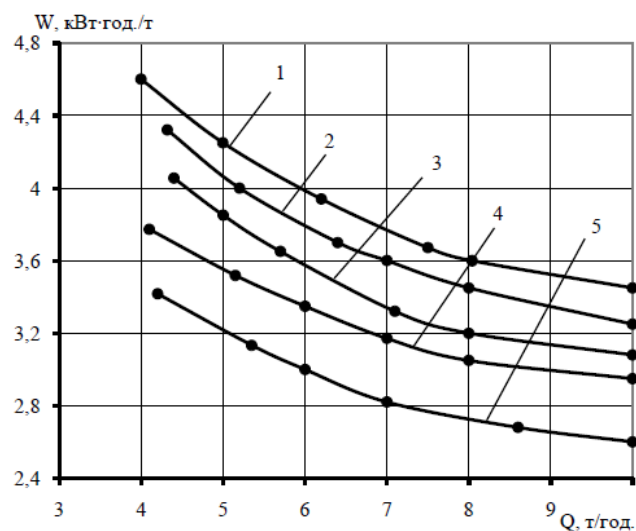


Рисунок 1 – Залежність питомої витрати електроенергії від продуктивності при очищенні насіннєвого ячменя на ЗАВ-20 при вологості: 1 – 15,6 %; 2 – 14 %; 3 – 13,5 %; 4 – 12,7 %; 5 – 11 %

Засміченість зерна оказує найбільший вплив на продуктивність зерноочисних машин. При збільшенні засміченості на 1% питома витрата електроенергії збільшується в середньому на 0,1 кВт·год./т – 8 % [4].

На енергоємність операцій з зерном впливає об'ємна маса зерна. За ознакою об'ємної маси зерно поділяється на три групи: важке, легке і соняшник.

Маса зерна впливає на енергоємність транспортування. Питома витрата електроенергії при транспортуванні легкого зерна буде більше, ніж великого. Це пояснюється тим, що коефіцієнт завантаження робочих машин підвищується при транспортуванні важкого зерна, а продуктивність (по об'ємній масі) збільшується. В результаті цього із-за зменшення питомої складової холостого ходу знижується загальна питома витрата електроенергії.

Сипкість зерна залежить від вологості, що визначає продуктивність механізмів, що транспортують.

З підвищенням вологості зерна питома витрата електроенергії на транспортні операції збільшується. Із збільшенням сипкості збільшується продуктивність механізмів, зменшується питома витрата електроенергії на транспортування зерна.

Для скорочення кількості дослідів та їх більшої достовірності використаний метод активного планування експерименту. За допомогою цього методу досягається можливість кількісної оцінки впливу того чи іншого фізико-хімічного фактора на енергоємність при багатofакторному впливі.

На структурній схемі (рисунок 2) математичної моделі питомих витрат електроенергії електродвигунів зерноочисного агрегату і таблиці 1 показаний вибір змінних фізико-хімічних факторів, які впливають на питому витрату електроенергії агрегатів ЗАВ-20, ЗАР-5.

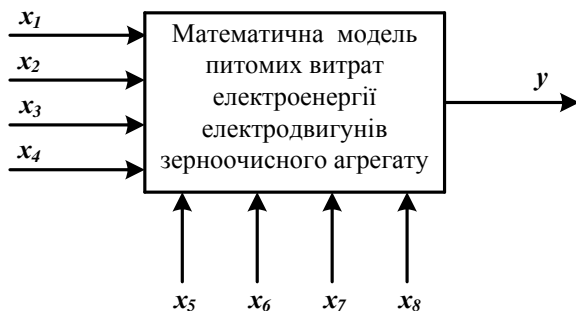


Рисунок 2 – Структурна схема математичного моделювання

В математичній моделі (рис. 2) прийнято:

- $x_1$  – продуктивність агрегату, т/год.;
- $x_2$  – об'ємна маса зерна г/л;
- $x_3$  – вологість зерна, %;
- $x_4$  – засміченість зерна, %;
- $x_5$  – сипкість, %.
- $x_6$  – свіжість, %.
- $x_7$  – гігроскопічність, %.
- $x_8$  – скважистість, %.

В якості функції відгуку  $y$  прийняті питома витрати електроенергії, кВт·год./т.

Вибір факторів, інтервалів варіювання, рівнів представлений в таблиці 1.

Математичний опис питомих витрат електроенергії визначався шляхом варіювання кожного з факторів на двох рівнях, які відрізняються від основного на величину кроку  $\pm \Delta x_i$ . Вибір факторів, інтервалів варіювання, рівнів (табл. 1) визначався на основі аналізу апріорної інформації [5] та попередніх експериментів.

Таблиця 1 – Рівні факторів і інтервали варіювання для ЗАВ-20

Рівні факторів	Нормована величина	$x_1$ , т/год.		$x_2$ , г/л		$x_3$ , %		$x_4$ , %	
		ячмінь	пшениця	ячмінь	пшениця	ячмінь	пшениця	ячмінь	пшениця
Верхній рівень	+1	10,0	11,0	640	640	16,0	16,0	8,0	4,0
Основний рівень	0	8,5	9,0	595	595	14,0	13,5	6,0	3,5
Нижній рівень	-1	7,0	7,0	550	550	12,0	11,0	4,0	3,0
Шаг варіювання		$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 45$	$\pm 45$	$\pm 2,0$	$\pm 2,5$	$\pm 2,0$	$\pm 0,5$

Попередні експерименти проводились для оцінки факторів, які впливають на питому витрату електроенергії. Вони були виконані за основною методикою експериментальних досліджень з використанням методу випадкового балансу [5]. Експерименти були поставлені по певному плану, були виділені значущі фактори. Фактори, які були незначущими, були відсіянні, наприклад, гігроскопічність, сипкість, свіжість, скважистість зерна [2].

Проводився повний факторний експеримент (ПФЕ) типу  $2^4$  та статистична обробка даних експерименту методика якого описана в [5].

Коефіцієнти регресії, що характеризують лінійні ефекти, визначаються за рівнянням [5]

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{i,g} \cdot y_g, \quad (1)$$

де  $i = 1, 2, \dots, N-1$ ;  $g = 1, 2, \dots, N$ ; ( $N$  – кількість дослідів).

Коефіцієнти регресії, що характеризують ефекти взаємодії факторів, визначаються за рівнянням

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_i \cdot x_j \cdot y_g; \quad (2)$$

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{0,g} \cdot y_g. \quad (3)$$

Для перевірки значущості коефіцієнтів регресії визначається оцінка дисперсії коефіцієнтів регресії за рівнянням [5]

$$S^2 \{b_i\} = \frac{S_B^2 \{y\}}{N \cdot m}, \quad (4)$$

де  $m$  – число дослідів в кожному рядку плану.

Середньоквадратичне відхилення дисперсії або помилки коефіцієнта регресії  $b_i$  визначається за формулою

$$S \{b_i\} = \sqrt{S^2 \{b_i\}}. \quad (5)$$

Для кожного коефіцієнта визначаються розрахункові значення

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}}, \quad (6)$$

де  $t_{ip}$  – розрахункова величина  $t$  – критерію для  $i$ -го коефіцієнта;

$|b_i|$  – абсолютна величина  $i$ -го коефіцієнта;

$S\{b_i\}$  – середньоквадратичне відхилення дисперсії коефіцієнта регресії. Порівнюються теоретичні і табличні значення по критерію Стюдента.

В результаті розрахунків отримано рівняння регресії для розрахунку питомих витрат електроенергії в залежності від фізико-хімічних факторів.

#### ЗАВ-20

$$\text{пшениця } \tilde{y} = 2,490 - 0,298x_1 + 0,470x_3; \quad (7)$$

$$\text{ячмінь } \tilde{y} = 2,514 - 0,497x_1 + 0,459x_3. \quad (8)$$

#### ЗАР-5

$$\text{пшениця } \tilde{y} = 2,681 - 0,288x_1 + 0,291x_3; \quad (9)$$

$$\text{ячмінь } \tilde{y} = 3,107 - 0,348x_1 + 0,305x_3; \quad (10)$$

$$\text{рис } \tilde{y} = 4,106 - 0,381x_1 + 0,270x_3. \quad (11)$$

Аналіз рівнянь регресії (7-11) показує, що вплив фізико-хімічних факторів на питомі витрати електроенергії різні: збільшення вологості збільшує значення вихідної величини, а збільшення продуктивності зменшує значення вихідної величини.

Проводилась перевірка моделі на адекватність (критерій Фішера). Порівнюється розрахункове значення рівняння регресії:

$$F_p = \frac{S_{ao}^2\{y\}}{S_B^2\{y\}}, \quad (12)$$

де  $S_B^2\{y\}$  – дисперсія відтворюваності;

$S_{ao}^2\{y\}$  – дисперсія адекватності моделі визначається за формулою:

$$S_{ao}^2\{y\} = \frac{m}{N-d} \sum_{g=1}^N (y_g - \tilde{y}_g)^2, \quad (13)$$

де  $y_g$  – значення функції відгуку в  $g$ -ому рядку матриці плану;

$\tilde{y}_g$  – розрахункове значення функції відгуку, визначене за розрахунковими рівняннями (7-11) для умов  $g$ -того дослідження плану експерименту;

$d$  – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії.

У випадку адекватності моделі:

$$F_p < F_k = F_m. \quad (14)$$

Перевірка показала адекватність рівняння регресії (7-11).

#### Висновки:

1. Встановлено, що практично найбільш зручно аналізувати енергоємність на основі енергетичних характеристик агрегатів.

2. На енергоємність процесів очищення зерна з фізико-хімічних факторів найбільший вплив оказує вологість зерна та вид культури.

3. При збільшенні вологості зерна знижується продуктивність зерноочисного агрегату, що, в свою чергу, приводить до збільшення питомих витрат електроенергії. В середньому продуктивність зерноочисного агрегату ЗАВ-20 при збільшенні вологості на 1 % знижується на 2 т/год.

#### Список використаних джерел

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

2. Ястребов П. П. Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур / П. П. Ястребов. – М.: Колос, 1973. – 331 с.

3. Карпова А. П. Исследование влияния технических и технологических факторов на электропотребление при подработке зерна на юге УССР: автореф. дис... канд. техн. наук / А. П. Карпова. – К., 1981. – 21 с.

4. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис... канд. техн. наук / М. В. Постнікова. – Мелітополь, 2011. – 22 с.

5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.

#### Аннотация

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭНЕРГОЁМКОСТЬ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

Постникова М. В., Нестерчук Д. М.

*Исследовано влияние физико-химических факторов на энергоёмкость процессов очистки зерна.*

#### Abstract

#### INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL FACTORS ON THE ENERGY INTENSITY PROCESSES OF GRAIN CLEANING RESEARCH

M. Postnikova, D. Nesterchuk

*Influence of physical and chemical factors on the energy intensity of grain cleaning processes was researched.*