

УДК 631.3.02-83

**Постнікова М.В., к.т.н., доцент, Квітка С.О., к.т.н., доцент,
Речина О.М., асистент**

Таврійський державний агротехнологічний університет

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РЕЗЕРВУ ЕКОНОМІЇ
ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ОБРОБКИ І
ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ПРИ ВИКОНАННІ ДИПЛОМНИХ ПРОЄКТІВ**

Анотація. Запропонована методика розрахунку резерву економії енергоресурсів на підприємствах обробки і зберігання зерна.

Ключові слова: енергозбереження, енергоємність, раціональне використання електроенергії, норми електроспоживання, економія електроенергії.

Постановка проблеми. 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].

Сучасні системи керування робочими машинами потокових ліній зернопунктів, які побудовані по принципу забезпечення номінального завантаження приводних електродвигунів, не виконують задачі аналізу витрат електроенергії і ефективності її використання, що не забезпечує обробку зерна з мінімально можливими витратами електроенергії [2].

З 1994 року прийнято 6 законів з енергозбереження, 6 Указів Президента, більше 20 Постанов Уряду, створені Держкомітет, Держінспекція, але ефективність діяльності системи організації енергозбереження не відповідає потребам України. Актуальними є питання розробки методів енергозбереження при обробці зерна, зокрема, обґрунтування енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки і зберігання зерна. Окрім цього доцільною є розробка рекомендацій щодо реалізації енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем зернопунктів, що дозволить зекономити 8-10 % електроенергії [3-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило, програми раціонального споживання електроенергії передбачають швидке отримання економічної вигоди. В багатьох випадках одне лише свідоме відношення до використання електроенергії може дати економію в декілька відсотків. А якщо до такого свідомого підходу додати ще і більш продумане керування технологічним процесом, наприклад, оптимальний режим роботи всієї потокової лінії, то економія електроенергії досягне в середньому 8-10 % [2].

Контроль за фактичними витратами електроенергії на зернопунктах повинен проводитися тільки по приборам обліку (електролічильникам). Хоч

самі по собі лічильники не економлять енергію, їх установка забезпечує зворотний зв'язок, необхідний для визначення результатів здійснення програми економії енергії. Економія обумовлена появою можливості обліку використання енергії і перевірки ефективності заходів [7].

Один з шляхів раціонального використання електроенергії на підприємствах обробки і зберігання зерна – розробка науково-обґрунтованих питомих норм витрат електроенергії, впровадження яких дозволить економити 8-10 % електроенергії.

Раніше розроблені норми (1981-1992 р.р.) необхідно удосконалювати та переглядати в міру росту технічного прогресу. Протягом кількох років проводились теоретичні та експериментальні дослідження з розробки питомих норм витрати електроенергії при обробці зерна на підприємствах обробки і зберігання зерна.

Норми призначені для планово-економічних відділів обласних управлінь сільського господарства, а також для Міністерства аграрної політики України для планування і контролю витрати електроенергії на технологічні процеси очищення зерна на потокових лініях зернопунктів півдня України [8].

Формулювання цілей статті. Розробити методику розрахунку резерву економії енергоресурсів на підприємствах обробки і зберігання зерна.

Виклад основного матеріалу досліджень. При проведенні енергетичного моніторингу виявляють резерви зниження енерговитрат.

Резерв зниження енерговитрат $\Delta W_{рез.}$ – це різниця, виражена у відсотках, між фактичними витратами $W_{факт.}$ і вираженими в галузевих нормах витрат $W_{норм.}$ або проектних нормах відносно фактичних витрат [7]

$$\Delta W_{рез.} = \frac{W_{факт.} - W_{норм.}}{W_{факт.}} \cdot 100 \% . \quad (1)$$

Від правильного вибору цих величин залежить одержаний результат.

В технології зернопункту передбачаються наступні операції з зерном: прийом в завальну яму, попереднє очищення, тимчасове зберігання в бункерах з активним вентиляванням, сушка гарячим повітрям, що нагрівається від теплогенератора, який працює на рідкому паливі, вторинне очищення на повітряно-решітній машині і очищення від бур'янів на трієрі, система транспортерів і норій для подачі зерна в машини і склад [7].

На зернопункті здійснюються два енергетичних процеси: тепловий та електроприводний.

Тепло виробляється при спалюванні рідкого палива в теплогенераторі і нагріванні електрокалорифером повітря, що подається в бункер з активним вентиляванням. Електропривод встановлений на всіх зерноочисних машинах, транспортерах, приводах засувок, сушарці, бункерах з активним вентиляванням та інших механізмах.

Витрата електроенергії визначається за лічильниками, які встановлюються на головному ввідному електрощиті зернопункту. Покази лічильника списуються завідувачем зернопункту на початку сезону і при закінченні роботи в кінці сезону. Різниця показань – витрата за сезон на всі електроприводні установки і на електронагрів повітря в електрокалориферах. Розділити загальні витрати електроенергії $W_{\text{заг.}}$, кВт·год., на електропривод і тепловий процес можна приблизно за встановленою потужністю та числу годин використання за формулою [7]

$$W_{\text{заг.}} = P_1 \cdot t_1 + P_2 \cdot t_2 + \dots + P_i \cdot t_i + \dots + P_n \cdot t_n, \quad (2)$$

де P_i – встановлена потужність, кВт;

t_i – число годин роботи, год.

Величину $W_{\text{факт.}}$ часто важко знайти. При повній відсутності фактичних даних з великим приближенням їх можна замінити розрахунковими за відомими встановленими потужностями P_i обладнання і річному числу годин t_i використання встановленої потужності.

Витрата рідкого палива (солярки) для зерносушарки фіксується за рівнем в баку, на якому встановлюють мірну скляну трубку. Витратоміри палива зазвичай не застосовують. Відомо за накладними, скільки отримано палива і скільки спалено в топці сушарки. Залишок знаходиться в баку і його можна визначити за рівнем заповнення бака.

Питомі витрати електроенергії визначають за формулою

$$W_{\text{пит.}} = \frac{P_{\text{прієд.}}}{Q}, \quad (3)$$

де $P_{\text{прієд.}}$ – потужність, яка споживається двигунами потокової лінії з мережі, кВт;

Q – продуктивність потокової лінії, т/год.

Узагальнення досвіду проектування і експлуатації зернопунктів дозволило встановити усереднені проектні норми витрати енергоносіїв на операціях післязбиральної обробки зерна [7].

Норматив витрат енергії – номінальне значення витрат енергії на величину технологічно зв'язаного з ним параметра виробництва при заданих умовах протікання технологічного процесу [7].

Норматив відображає деяке середнє значення витрат енергоресурсів для багатьох одно типових об'єктів, які одержані на основі проектних даних. При розробці нормативів використовується розрахунково-аналітичний метод. Тому норми – це розрахункові величини [7].

Норму витрати енергоресурсів W_m , кВт·год./т, для тимчасового зберігання зерна з ворошінням на критих майданчиках визнають за формулою [7]

$$W_m = 1 + 6500 \cdot V_z, \quad (4)$$

де $V_з$ – об’єм зерна, т.

Норму витрати електроенергії $W_в$, кВт·год./т, на вентилявання 1 т зерна у бункерах з активним вентиляванням (без підігріву повітря) можна спрощено визначити за формулою

$$W_в = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{(\omega_п - \omega_к)}{\Delta d} \cdot H_н, \quad (5)$$

де $\omega_п, \omega_к$ – відповідно початкова (15...30 %) і кінцева (14 %) вологість зерна;

Δd – різниця вологовмісту відпрацьованого і зовнішнього повітря, г/кг;

$H_н$ – повний напір вентиляваного повітря, Н/м².

Якщо прийняти $\omega_к = 14 \%$, $H_н = 1500$ Н/м², то для наближених розрахунків можна використовувати формулу

$$W_в \approx 6,75 \cdot \frac{(\omega_п - 14)}{\Delta d}. \quad (6)$$

В загальному випадку величина Δd при активному вентиляванні зерна коливається від 0,5 г/кг до 3 г/кг та її слід визначати за таблицею 1 [3].

Таблиця 1

Значення величини Δd , г/кг

Температура повітря, °С	Відносна вологість, %					
	50	60	70	80	90	100
5	2,7	3,2	3,8	4,3	4,9	5,4
10	3,8	4,6	5,3	6,1	6,8	7,6
15	5,3	6,4	7,4	8,5	9,5	10,6
20	7,3	8,8	10,3	11,8	13,2	14,7
25	10	12	14	16	18	20
30	13,1	15,7	18,3	21	23,6	26,2

При поширених умовах (температура зовнішнього повітря +15 °С, його вологість – 65 %, а відпрацьованого повітря – 80 %) величина Δd може бути прийнята рівною 1,6, тоді

$$W_в = 4,2 \cdot (\omega_п - 14). \quad (7)$$

Норму витрати електроенергії на активне вентилявання з електропідігрівом повітря $W_{вп}$, кВт·год./т, можна визначити за наступним виразом

$$W_{вп} = 3,24 \cdot \frac{(\omega_п - \omega_к)}{\Delta d} \cdot \left(\Delta t + \frac{H_н}{720} \right), \quad (8)$$

де $\Delta t = (t_1 - t_0)$ – різниця температур, °С;

t_1 – температура нагрітого в електрокалорифері повітря (для сушки зерна приймається $t_1 = 45 \dots 55$ °С);

t_0 – температура зовнішнього повітря до входу його в електрокалорифер, °С.

Якщо прийняти $\omega_x = 14$ %, $\Delta t = 35$ °С, $H_x = 1500$ Н/м², тоді

$$W_{\text{вт}} = \frac{120 \cdot (\omega_x - 14)}{\Delta d} \quad (9)$$

Для приблизних розрахунків $\Delta d = 8$ г/кг і тоді

$$W_{\text{вт}} \approx 15 \cdot (\omega_x - 14) \quad (10)$$

Норму витрати енергоресурсів W_c , кВт·год./пл. т, в сушарках визначають за формулою

$$W_c = \frac{1}{Q_c} \quad (11)$$

де Q_c – продуктивність сушарки, т/год.

Норму витрати енергоресурсів $W_{\text{по}}$, кВт·год./т, в машинах попереднього очищення визначають за формулою

$$W_{\text{по}} = 0,2 + \frac{4}{Q_{\text{по}}} \quad (12)$$

де $Q_{\text{по}}$ – продуктивність машини попереднього очищення, т/год.

Норму витрати енергоресурсів $W_{\text{во}}$, кВт·год./т, в машинах вторинного очищення визначають за виразом

$$W_{\text{во}} = 0,8 \cdot \exp(-0,0266 \cdot Q_{\text{во}}) \quad (13)$$

де $Q_{\text{во}}$ – продуктивність машини вторинного очищення, т/год.

Норму витрати енергоресурсів $W_{\text{тр}}$, кВт·год./т, в трієрах визначають

$$W_{\text{тр}} = 3 - 0,01 \cdot Q_{\text{тр}} \quad (14)$$

де $Q_{\text{тр}}$ – продуктивність трієра, т/год.

Знаючи співвідношення продуктивності технологічних машин в агрегаті (або потоковій лінії), легко знайти загальні нормативні витрати енергії на обробку заданого V , т, обсягу зерна

$$W_{\text{заг.}} = (W_{\text{по}} + W_c + W_{\text{в}} + W_{\text{во}} + W_{\text{тр}}) \cdot V \quad (15)$$

Норма витрати електроенергії W_o , кВт·год./т, для очищення зерна (без очищення на спеціалізованих пунктах по обробці насіння) може бути визначена за формулою [3-5]

$$W_o = 1,03 + \frac{3}{K_1 \cdot K_2 \cdot Q} \quad (16)$$

Відповідно для сушіння зерна $W_{\text{суш.}}$, кВт·год./т

$$W_{\text{суш.}} = 3,73 + \frac{14,7}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot Q} \quad (17)$$

де Q – продуктивність об'єкта, т/год.;

K_1 – коефіцієнт, що враховує цільове призначення зерна ($K_1 = 1$ для продовольчого зерна; $K_1 = 0,5$ – для насіннєвого зерна);

K_2 – поправочний коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності зерноочисних машин в залежності від виду зернової культури, її вологості та засміченості;

K_3 – поправочний коефіцієнт, що враховує зміну продуктивності зерносушильного обладнання при сушінні зерна різних культур. Цей коефіцієнт характеризує вологовіддавальну здатність зерна різних культур порівняно із зерном пшениці.

Значення коефіцієнтів K_2 і K_3 наведені відповідно у таблицях 2 та 3 [3].

Таблиця 2

Значення коефіцієнта K_2 [3]

Культура	Вологість								
	до 15			20			25		
	Засміченість, %								
	до 10	15	20	до 10	15	20	до 10	15	20
Пшениця	1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,55	0,5	-
Жито	0,9	0,8	0,7	0,7	0,65	0,6	0,5	0,45	0,4
Ячмінь	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,36
Гречка	0,7	0,6	0,56	0,56	0,5	0,45	0,38	0,34	0,5
Рис	0,6	0,54	0,48	0,48	0,43	0,38	0,38	0,3	0,26
Просо	0,7	0,6	-	0,56	0,5	-	0,38	0,34	-
Кукурудза продовольча	1	-	-	0,8	-	-	0,56	-	-
Овес	0,7	0,6	-	0,56	0,5	-	0,38	0,34	-
Горох	1	0,9	-	0,8	0,7	-	0,55	0,49	-
Сочевиця	0,95	0,85	2	0,67	0,65	-	0,55	0,49	-
Соя	1	0,9	-	0,8	0,72	-	-	-	-
Соняшник	0,6	0,5	-	0,5	0,4	-	-	-	-

Таблиця 3

Значення коефіцієнта K_3 [3]

Культура	Переводний коефіцієнт K_3
Пшениця, овес, ячмінь, соняшник	1
Жито	1,1
Гречка	1,25
Просо	0,8
Кукурудза	0,6
Горох, віка, сочевиця, рис	0,3...0,4
Боби, люпин, квасоля	0,1...0,2

Норма витрат електроенергії, $W_{\text{пит.}}$, кВт·год./т, може бути визначена по продуктивності Q , т/год., потокової лінії

– для ЗАВ-20 [9]

$$\text{ячмінь} \quad W_{\text{пит.яч.}} = \frac{15,6}{Q} + 0,658 ; \quad (18)$$

$$\text{пшениця} \quad W_{\text{пит.пш.}} = \frac{16,6}{Q} + 0,456 ; \quad (19)$$

– для ЗАР-5 [9]

$$\text{ячмінь} \quad W_{\text{пит.яч.}} = \frac{19,7}{Q} + 0,598 ; \quad (20)$$

$$\text{пшениця} \quad W_{\text{пит.пш.}} = \frac{22,3}{Q} + 0,268 ; \quad (21)$$

$$\text{рис} \quad W_{\text{пит.рис}} = \frac{10,3}{Q} + 1,68 ; \quad (22)$$

– для ЗАВ-40 для пшениці [10]

$$\text{одна лінія з трієром} \quad W_{\text{пит.}} = \frac{11,809}{Q} + 0,636 ; \quad (23)$$

$$\text{одна лінія без трієра} \quad W_{\text{пит.}} = \frac{10,649}{Q} + 0,106 ; \quad (24)$$

$$\text{дві лінії з трієрами} \quad W_{\text{пит.}} = \frac{27,447}{Q} + 0,429 ; \quad (25)$$

$$\text{дві лінії без трієрів} \quad W_{\text{пит.}} = \frac{22,211}{Q} + 0,414 . \quad (26)$$

При розрахунку резерву економії необхідно враховувати технічний стан машин і обладнання, термін їх служби і надійність роботи.

Для кожного виду обладнання знаходять коефіцієнт K_c , який відображає відношення споживання W_n енергії новою машиною (установкою, агрегатом, процесом) на одиницю продукції, до споживання W_c енергії старою машиною (обладнанням), яка знаходиться в експлуатації за період проведення енергетичного моніторингу

$$K_c = \frac{W_n}{W_c} . \quad (27)$$

Визначають резерв економії енерговитрат з використанням формули [7]

$$\Delta W_{\text{рез.}} = \frac{K_c \cdot (W_{\text{факт.}} - W_{\text{норм.}})}{W_{\text{факт.}}} \cdot 100 \% . \quad (28)$$

З введенням коефіцієнта K_c , величина $\Delta W_{\text{рез.}}$ знижується.

Для процесів, які мають в своєму складі n однотипових машин, агрегатів, поточкових ліній, знаходять сумарний резерв економії енергоресурсів [7]

$$\Delta W_{\text{рез.}} = \Delta W_{\text{рез.1}} + \Delta W_{\text{рез.2}} + \dots + \Delta W_{\text{рез.n}}. \quad (29)$$

При розрахунку резерв паливно-енергетичних ресурсів визначають за формулою (1).

Значення $W_{\text{факт.}}$ в процесах післязбиральної обробки зерна складаються з витрат $W_{\text{факт.р}}$ рідкого палива в сушарках та електроенергії на активне вентилявання $W_{\text{факт.ав}}$ (електронагрівач та електропривід вентилятора) і $W_{\text{факт.мех.}}$ на електропривод машин і механізмів зернопункту. Загальні фактичні витрати визначають за формулою

$$W_{\text{факт.}} = (W_{\text{факт.р}} + W_{\text{факт.ав}} + W_{\text{факт.мех.}}) \cdot K_{\text{п}}, \quad (30)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт перевантаження, що враховує пускові режими, прогрів, холостий хід та ін. ($K_{\text{п}} = 1,2$).

Науково обґрунтовані норми дозволяють не лише правильно планувати споживання електроенергії, але і дають можливість оптимально проектувати схеми електропостачання та прогнозувати строки реконструкції електричних мереж. Дотримання норм споживання електричної енергії – одна з основних задач експлуатаційного персоналу.

Нормування витрати електроенергії стає ефективним фактором енергозбереження лише за умови системного підходу при впровадженні норм: - затвердження норм на відповідному рівні як офіційного нормативного документа; своєчасне сезонне або річне планування норм для зернопунктів і інших структур АПК; впровадження сучасних приладів обліку витрати електроенергії з класом точності 1,0, наприклад, електронних тритарифних лічильників Альфа, Енергія та ін.; введення системи економічного стимулювання при виконанні встановлених норм аж до введення пільгових податків; введення адміністративного впливу, матеріальних санкцій за невиконання норм і перевитрати електроенергії аж до збільшення податкових ставок.

Висновки.

1 Встановлено, що витрати електричної енергії в технологічних процесах обробки зерна на одиницю продукції в 2-3 рази перевищують аналогічні витрати в розвинених країнах.

2 На основі аналізу стану питання нормування витрат електроенергії на технологічний процес обробки зерна встановлено, що питомі норми витрати електроенергії, які пропонуються в технічній літературі і розробках НДІ відрізняються в 2-3 рази. Крім цього, в теперішній час по цьому питанню практично відсутня нормативна документація.

3 Впровадження науково-обґрунтованих норм витрат електроенергії дозволить економити 8-10 % електроенергії.

Бібліографічний список.

1. Національна енергетична програма України // Пропозиція – 1998. – №7. – С. 50-51.
2. Постнікова М.В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис... канд. техн. наук / М.В. Постнікова. – Мелітополь, 2011. – 22 с.
3. Методические рекомендации по расчёту норм расхода электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. – М. : ВИЭСХ, 1983. – 50 с.
4. Нормы потребления электроэнергии в сельскохозяйственном производстве / Н.А. Корчемный, В.П. Машевский, В.М. Головкин, В.Е. Богачёва. – Глеваха : 1985. – 52 с.
5. Основные положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве. – М. : Атомиздат, 1990. – 16 с.
6. Про енергозбереження: закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – №30. – Ст. 283.
7. Методика энергетического мониторинга сельскохозяйственных объектов, выявление резервов и потенциала экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 100 с.
8. Рекомендації по науково-обґрунтованим питомим нормам витрати електроенергії потокових ліній при післязбиральній обробці зерна на зернопунктах півдня України / Г.Н. Назар'ян, О.П. Карпова, Є.В. Михайлов, М.В. Постнікова. – Мелітополь, 2009. – 10 с.
9. 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.
10. Карпова О.П. Порівняльна оцінка виробничих і розрахункових питомих витрат електроенергії на зернопунктах при очищенні зерна / О.П. Карпова, М.В. Постнікова // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСТ, 2007. – Випуск 57, т.2. – С. 49-53.

Postnikova M.V., Kvitka S. O., Rechina O.M. Methods calculation reserve spare energy resource on enterprise of the processing and keeping grain when performing degree project.

Summary. The offered methods calculation reserve spare energy resource on enterprise of the processing and keeping grain.

Key words: conservation to energy, energy capacity, rational use to electric energy, rates of the consumption to electric energy, economy to electric energy.