

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА
ПРИКЛАДІ ЕЛЕВАТОРА****В. А. КОРЕНДА, О. С. ПРОТАСОВ, І. Ю. ВИШНЯКОВ, М. Ж. КОЛЯДЮК***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»***З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.01.014>

***Анотація.** Енергетичний менеджмент – це самостійний вид професійної діяльності, спрямований на досягнення у ході будь-якої господарської діяльності підприємства (організації), що діє в ринкових умовах, зниження витрат шляхом підвищення енергетичної ефективності. Енергоменеджмент включає в себе набір заходів, націлених на економію енергетичних ресурсів: моніторинг енергоспоживання та енергоємності продукції, розробку енергетичних бюджетів, аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів, розробку енергетичної політики, планування нових енергозберігаючих заходів. У даній статті висвітлено методику визначення енергоємності продукції для промислових підприємств, а саме показників енергоємності. До даних величин відносяться: норми витрат теплової та електричної енергії на одиницю виробленої промислової продукції, а також норми витрат палива та електроенергії на відпуск тепла котельнею підприємства. Дані показники являються індикаторами енергоефективності, які потрібно розраховувати при впровадженні систем енергетичного менеджменту на підприємствах. Вони являються орієнтирами, по яким оцінюється поточний стан енергоефективності та запланований на майбутні періоди з врахуванням зміни величин випуску продукції, впровадження чи демонтажу обладнання, реалізації енергозберігаючих заходів тощо. В статті показано розрахунок показників енергоємності продукції на прикладі зерноховища силосного типу (елеватора).*

Також енергоємність продукції являється показником по якому оцінюється енергоефективність підприємства при проведенні енергетичних аудитів під егідою багатьох міжнародних фінансових організацій, які здійснюють виділяють грошові кошти на впровадження енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: енергоємність, електроенергія, тепла енергія, паливо

Постановка проблеми. В Україні починаючи з 2007 року підприємства, особливо працюючі на експорт продукції, почали проходити сертифікацію по стандартам ISO (Міжнародна організація по

стандартизації). Першим із даних стандартів був ISO 9001 – стандарт якості продукції. Нині набирає поширення впровадження на підприємствах стандарту ISO 50001 «Системи енергетичного

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

менеджменту». Одним із критеріїв впровадження даної системи є розробка індикаторів енергоефективності одним із яких являється енергоємність продукції: відношення кількості затрачених на її виробництво паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) до випуску [1, стор. 12]. На даний момент в Україні діючих методик розрахунку енергоємності продукції не існує, проте в даному напрямку існують значні напрацювання.

В Україні до 2014 року існувала система нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів. Розробка питомих норм витрат ПЕР (енергоємності) була обов'язковою для підприємств всіх галузей промисловості з річним споживанням 1000 або більше тон умовного палива (т у.п.) [2, стор. 2]. Керуючими державними органами в даному напрямку були регіональні інспекції з енергозбереження що підпорядковувалися Держенергоефективності. Розробка норм базувалась, в більшості випадків, на розрахунково-аналітичному методі на основі методик розроблених за часів СРСР з поправками пов'язаними з технологічним прогресом, змінами клімату тощо.

Проблема енергоефективності також актуальна для підприємств системи Держрезерву України, найпотужнішим напрямом діяльності

яких є аграрний: зберігання та обробка зернових культур.

Мета досліджень – розрахувати енергоємність продукції на прикладі зерносховища силосного типу (елеватора), які мають широке розповсюдження на території України та присутні на всіх підприємствах аграрного напрямку системи Держрезерву.

Методика досліджень. Розрахунок енергоємності продукції проведений на прикладі ПАТ «Устимівське хлібоприймальне підприємство» з елеватором на 70 тис. т зерна розташованого у с. Устимівка Васильківського району Київської області. Підприємство займається прийманням, зберіганням та відвантаженням зернових культур: пшениця, ячмінь, кукурудза та ін.

Розрахунки проводили на основі методичних положень «Основні методичні положення з нормування паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» (наказ Держкоменергозбереження №112 від 22.10.2002 р. та галузевої методики нормування витрат палива на виробництва та відпуск теплової енергії котельними теплового господарства (Київ, ВАТ «УкрНДІнжпроект», 1998).

Короткий опис підприємства. Хлібоприймальний комплекс, призначений для приймання, сушіння, зберігання в режимі активної вентиляції, видачі зерна в авто та залізничний транспорт. За рахунок

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

використання найбільш сучасного енергоефективного обладнання збільшується потужність приймання — переробки та зберігання зерна, при чому зберігаються показники використання працюючого персоналу та енергоресурсів.

Хлібоприймальний комплекс складається з наступного обладнання:

Блок приймання зерна з навісом — призначений для приймання зерна великовантажних автомобілів та автопоїздів.

Сушарка баштова — призначена для сушки зерна пшениці та кукурудзи.

Буферні ємкості — призначені для запасу молодого зерна перед подачею його на сушарки.

Зерноочисна машина Dakota 988 — призначена для очистки зерна пшениці та кукурудзи від домішок.

Норії вишки — призначені для технічного обслуговування головок норій і кріплення самих норій, які забезпечують транспортування зерна в технологічних потоках і є засобами вертикального переміщення зерна.

Бункер видачі зерна на автотранспорт — призначений для накопичення певної кількості зерна з послідуною видачею на автотранспорт.

Бункер видачі зерна в залізничні вагони — призначений для накопичення певної кількості зерна з послідуною видачею в залізничний вагон.

Залізничні ваги — призначені для зважування залізничних вагонів. Маневрова лебідка Т-193Б з тяговим зусиллям 5 т — призначена для переміщення залізничних вагонів на території підприємства.

Автоваги — призначені для зважування великовагового автотранспорту.

Операторна — призначена для розміщення силових щитів і пульта управління всім виробничим комплексом.

Силоси — призначені для зберігання зерна в умовах активної вентиляції (проектом передбачається установка десяти силосів ємністю 5000 т. кожний і призначені для зберігання пшениці та кукурудзи.).

Розміщення адміністративних служб підприємства розташоване в існуючому приміщенні АПК.

Для контролю проходу людей і проїзду автотранспорту біля воріт розташований КПК (контрольно-пропускний пункт).

Опис технологічного процесу.

Схема технологічного процесу наведена на рис. 1. Автомобіль або автопоїзд завантажений зерном проїжджає через автоваги, де фіксується його загальна вага, там же спеціальним пробовідбірником береться проба зерна для лабораторного аналізу (визначення вологості, засміченості і т.п.).

Далі завантажений зерном автотранспорт направляється на розвантаження.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Розвантаження автомобілів змонтована на бетонному фундаменті з вмонтованим в нього бункером для зерна або інших сипучих матеріалів зернової групи. Авторозвантажувач РАГ65 — це комплексна стаціонарна установка,

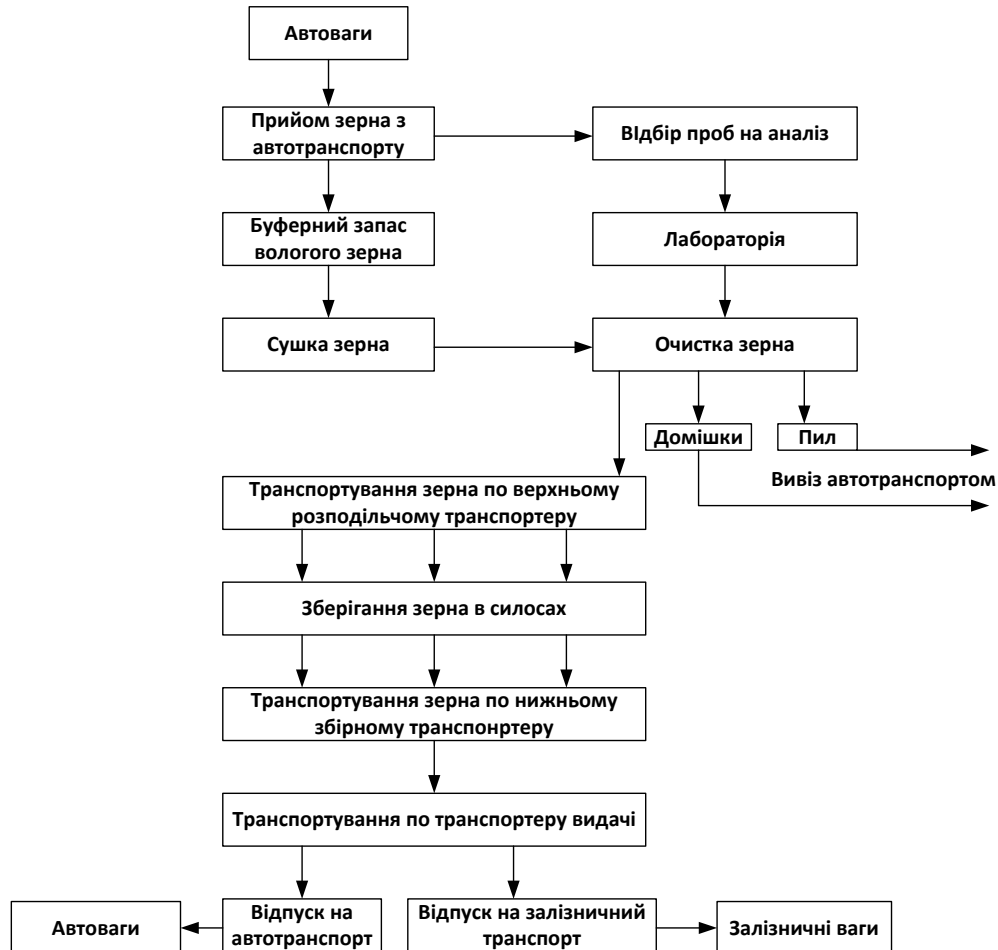


Рисунок 1 – Схема технологічного процесу

Авторозвантажувач складається з двох завальних платформ, шарнірно пов'язаних з опорами та гідроциліндрами, що дозволяє їм обертатись навколо горизонтальних осей та забезпечувати тим самим необхідний нахил платформи при розвантаженні автомобілів, причому сам вантажний автомобіль розвантажується через задній борт шляхом підйому автомобіля до кута нахилу, який дозволяє зерну висипатись через задній відкритий

борт, якщо розвантажується автопоїзд, то вивантаження причепу відбувається шляхом бокового розвантаження, тобто нахилом платформи причіпу вбік, без розчеплення його з автомобілем. Процесом розвантаження керує оператор.

Розвантаження зерна передбачено в прийомний бункер (завальну яму), ємність якої визначена таким чином, щоб можна було прийняти повністю автопоїзд.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Випускні воронки прийомного бункера оснащені електрорейковими засувками, що дає змогу регулювати подачу зерна на горизонтальні скребкові транспортери і уникнути "завалу" скребків транспортера.

Горизонтально-похилий транспортер здійснює подачу зерна за допомогою цієї самої норії відбувається подача зерна на сушарку, після сушарки висушене зерно подається за допомогою транспортера і норії на очисну машину, яка очищає зерно від домішок і пилу. Домішки та пил аспіраційними системами очисної машини накопичуються у відповідних бункерах, розташованих таким чином, щоб можливе було безпосереднє вивантаження їх в спеціальний автотранспорт з подальшим вивезенням за межі підприємства.

Очищене, висушене до нормативних параметрів зерно, норією піднімається і передається на верхній горизонтальний скребковий розподільчий транспортер, розташований на верхній галереї, яка проходить над силосами, за допомогою якого і здійснюється завантаження силосів.

Зерно в силосах може зберігатись тривалий час завдяки системі активного вентиляювання силосів за допомогою вентиляторів високого тиску, які здійснюють продув зернового стовпа по принципу "знизу-вверх". Необхідність ввімкнення

системи активного вентиляювання дають спеціальні датчики, розташовані в силосах, які виявляють підвищення температури "само розігрів" зерна, вимкнення вентиляювання відбувається також автоматично, як тільки температура прийде в норму.

Вивантаження силосу відбувається шляхом ввімкнення нижнього транспортера, який проходить посередині двох рядів силосів і завантажується від кожного силосу окремим транспортером, розташованим під силосом, далі зерно подається на норію, яка піднімає його на верхню розвантажувальну галерею, в якій встановлено горизонтальний розвантажувальний транспортер, що подає зерно в бункер видачі на автотранспорт, або в бункер в спеціалізовані залізничні вагони (хопери).

Завантажений зерном автотранспорт зважується на автомобільних вагах, а завантажений залізничний хопер зважується на автомобільних вагах, а здійснюється за допомогою маневрової лебідки.

Опис схеми паливо- та теплопостачання і споживачів. Газоспоживаючим обладнанням підприємства являються дві зерносушарки SUKUP U4718. Основні технічні характеристики сушарок наведено в табл. 1.

1. Технічні характеристики сушарок

№ з/п	Параметри	Назва	Одиниці вимірювання	Величина
1	2	3	4	5
1	Технологічні	Продуктивність:		
		- при знятті вологості з 20 до 15 %	т/год	120
		- при знятті вологості з 25 до 15 %	т/год	72
2	Параметри пальника	Витрати природного газу:		
		- номінальні	м3/год	931,24
		- максимальні	м3/год	1330,33
		Тиск газу	кг/см ²	0,7-1,05
3	Параметри вентилятора	Витрати повітря		
		- зона нагріву	м ³ /год	6405
		- зона охолодження	м ³ /год	3202
		Кількість	шт.	3
		Потужність одиниці	кВт	75
		Напруга	В	380
4	Параметри спрацювання автоматики	Мін. тиск газу	кПа	7--20
		Макс. тиск газу	кПа	41--69
		Час спрацювання автоматики під час обриву полум'я	с	1--3
		Час спрацювання автоматики після відключення електроенергії	с	0
5	Температурні режими роботи зерносушарки	Максимальний нагрів теплоагента	°С	150
		Температура теплоагента (номінальний режим)	°С	98,8
		Границі зміни температури теплоагента	°С	27--115
		Границі зміни температури нагріву зерна	°С	0--65
6	Габаритні розміри	Діаметр	м	5,97
		Висота зернової колони	м	29,7
		Повна висота	м	33,8
		Товщина зернової колони	мм	328,85
7	Інші параметри	Максимальне вітрове навантаження	км/год	145
		Місткість зони нагріву	т	77
		Місткість зони охолодження	т	27
		Місткість загальна	т	127
		Нагрузка на пік даху	кг	900
		Снігове навантаження	кг/м ²	200
		Загальна маса	т	50

Сушарки використовуються наступним чином: одна основна, інша резервна, яка використовується у тих випадках, коли основна не справляється з навантаженням та коли вона не в роботі.

На підприємстві опалюються адміністративно побутовий корпус

АПК та контрольно-пропускний пункт. Опалення приміщень здійснюється за допомогою двох твердопаливних котлів Kalvis 60, основне паливо – дрова.

Опис схеми електропостачання та споживачів. Джерелом

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж., Сірко З. С.

електропостачання об'єкта є ПС 110/10 „Ковалівка”. Напруга мережі — 380/220В з глухо заземленою нейтраллю. Встановлена потужність — 750,0 кВт. На підприємстві встановлено комплектну двотрансформаторну підстанцію з трансформаторами 10/0,4 кВ потужністю 2х630 кВА. В комплект трансформаторної підстанції входять дві конденсаторні батареї по 270 кВАр для компенсації реактивної потужності. Облік електроенергії передбачається електронними лічильниками активної та реактивної енергії.

Результати досліджень.

Розрахуємо норми питомих витрат палива, теплової та електроенергії на одиницю виготовленої продукції, а також норму питомих витрат тепла на відпуск тепла котельнею. За одиницею продукції приймається зернові культури, які пройшли повний технологічний цикл обробки та зберігання та відвантажені на автомобільний та залізничний транспорт.

Розрахунок норми витрат палива на одиницю продукції.

Паливо в виді природного газу використовується для сушки зернових. Розрахуємо тепловий баланс сушарок та норму питомих витрат палива на сушку зерна. Вихідні дані для розрахунку беремо з паспорту технологічного обладнання та експлуатаційних журналів. Вихідні дані для розрахунку

приведені в табл. 2. Розрахунок теплового балансу сушарок проводимо у наступній послідовності [3].

Теплова енергія від спалювання газу (прихід тепла):

$$Q = B \cdot Q_H^p, \text{ ккал/год} \quad (1)$$

де B - витрати палива, м³/год;

Q_H^p - теплотворна спроможність палива, ккал/м³.

Витрати теплової енергії сушаркою:

$$Q_{амт} = Q_1 + Q_2 + Q_{пр} + Q_5, \text{ ккал/год} \quad (2)$$

де Q_1 - витрати тепла на сушку, ккал/год;

Q_2 - втрати тепла із димовими газами, ккал/год;

$Q_{пр}$ - втрати тепла з продуктом, ккал/год;

$Q_{пр}$ - втрати тепла в навколишнє середовище, ккал/год.

Інші витрати Q_i обчислюються як різниця між приходом тепла Q і витратами $Q_{амт}$.

Витрати тепла на сушку обчислюються за формулою:

$$Q_1 = W_{амт} \cdot i_n \cdot (t_2 - t_1), \text{ ккал/год} \quad (3)$$

де $W_{амт}$ - кількість випаруваної вологи, кг/год, обчислюється за формулою:

$$W_{амт} = D_{пр} \cdot (W_2 - W_1) / 100, \text{ кг/год} \quad (4)$$

де $D_{пр}$ - маса продукту яка обробляється, кг/год;

W_1, W_2 - вологість продукту до і після сушки;

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

i_n - ентальпія водяної пари після випаровування вологи, ккал/кг;
 t_1, t_2 - температура продукту до і після сушки, °С;

2. Вихідні дані для розрахунку теплового балансу сушарок

№ з/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Величина	
			Режим 1	Режим 2
1	2	3	4	5
1	Продуктивність	т/год	120	72
2	Вологість продукту до і після сушарки	%	20;15	25;15
3	Температура продукту до і після сушарки	°С	20;65	20;65
4	Температура в сушарці	°С	98,8	98,8
5	Площа зовнішньої поверхні сушарки	м ²	557	557
6	Середня температура зовнішньої поверхні сушарки	°С	35	35
7	Витрати газу	м ³ /год	931,24	931,24
8	Температура відхідних газів	°С	110	110
9	Вміст в димових газах CO ₂	%	0,3	0,3
10	Ентальпія водяної пари після випаровування вологи	ккал/год	720	720
11	Теплоємність продукції	ккал/год	0,31	0,31
12	Середня температура середовища	°С	12	12

Втрати тепла із димовими газами обчислюються за формулою:

$$Q_2 = q_2 \cdot Q / 100, \text{ ккал/год} \quad (5)$$

$$q_2 = (t_{B.G.} - 0,85 \cdot t_{ПОВ}) \cdot [0,82 + (11,8/V_{CO_2} - 1) \cdot 0,8 \cdot 0,78] \cdot 100 / 2010, \% \quad (6)$$

де $t_{B.G.}$ - температура відхідних газів, °С;

$t_{ПОВ}$ - температура повітря в цеху, °С;

V_{CO_2} - вміст у димових газах діоксиду вуглецю, %.

$$q_3 = 3,35 \cdot V_{CO} (\alpha_{сер} - 0,1) / 10000, \% \quad (8)$$

де V_{CO} - вміст оксиду вуглецю у димових газах, %;

$\alpha_{сер}$ - коефіцієнт надлишку повітря;

Втрати тепла з продуктом обчислюються за формулою:

$$Q_{np} = D_{np} \cdot c_{np} \cdot (t_2 - t_1), \text{ ккал/год} \quad (9)$$

де: c_{np} - теплоємність продукту ккал/(м²·град).

де q_2 - питомі втрати тепла із димовими газами, обчислюються за формулою:

Втрати тепла від хімічного недопалу:

$$Q_3 = q_3 \cdot Q / 100, \text{ ккал/год} \quad (7)$$

де q_3 - питомі втрати тепла від хімічного недопалу, %, обчислюються за формулою:

Втрати тепла у навколишнє середовище:

$$Q_5 = \alpha_c \cdot S_c \cdot (t_c - t_{ПОВ}), \text{ ккал/год} \quad (10)$$

де: S_c - площа зовнішньої поверхні сушарки, м²;

$t_c, t_{ПОВ}$ - температура зовнішньої поверхні сушили та повітря у цеху, °С;

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

α_c - сумарний коефіцієнт ккал/($m^2 \cdot \text{град}$), обчислюється за тепловіддачі поверхні сушарки, формулою:

$$\alpha_c = 3,6 \cdot [9,76 + 0,068 \cdot (t_c - t_{\text{пов}})] \quad (11)$$

ККД сушарки обчислюємо за формулою:

$$\eta = Q_1 \cdot 100 / Q \quad (12)$$

Питому норму витрат умовного палива на виробництво керамічної плитки (процес сушки) обчислюється за формулою:

$$b_v = \left(\frac{B}{D_{np}} \right) \cdot \left(\frac{Q_H^p}{7000} \right) \cdot 10^3, \text{ кг у.п./т} \quad (13)$$

де: B - витрати палива, $m^3/\text{год}$;

7000 – теплотворна

Q_H^p - теплотворна спроможність палива, ккал/ m^3 , для природного газу 8156 ккал/ m^3 ;

спроможність умовного палива, ккал/кг.

Результати розрахунку

D_{np} - маса продукту яка обробляється, кг/год;

теплого балансу сушарок приведемо у табл. 3.

3. Результати розрахунку теплового балансу сушарок

№ з/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Величина		
			Режим 1	Режим 2	
1	2	3	4	5	
1	Кількість випаруваної вологи	кг/год	6000	7200	
2	Сумарний коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сушарки	ккал/ $m^2 \cdot \text{град}$	39,5	39,5	
3	Надходження тепла	Тепло від спалювання газу	ккал/год	7543044	7543044
4	Витрати тепла	Тепло на сушку	ккал/год	4676687,3	5144356,0
			%	62	68,2
		Втрати тепла з продуктом	ккал/год	128231,7	128231,7
			%	1,7	1,7
		Втрати тепла в навколишнє середовище	ккал/год	678874,0	678874,0
			%	9	9
		Втрати тепла з димовими газами	ккал/год	1946105,4	1493522,7
			%	25,8	19,8
	Інші витрати	ккал/год	113145,7	98059,6	
		%	1,5	1,3	
5	ККД сушарки	%	62,6	68,4	
6	Питома норма витрат палива	кг у.п./т	19,315	19,055	

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Для розрахунків використовуємо усереднену норму витрат палива на одиницю продукції, яка буде рівна **19,185 кг у.п./т.**

Розрахунок норми витрат палива на відпуск тепла котельнею.

Нормативна витрата палива котлами розраховується за формулою [4]:

$$b_k^0 = \frac{142,8 \cdot 100}{\eta}, \text{ кг у.п./Гкал} \quad (14)$$

де η - паспортний ККД котла.

Для біокотельних установок витрати палива на виробництво тепла розраховуємо за формулою (3):

$$b_k^0 = \frac{142,8 \cdot 100}{82} = 174,14 \text{ кг у.п./Гкал.}$$

Питому норму витрат палива на відпуск теплової енергії розраховуємо за формулою [4]:

$$b = \frac{142,8 \cdot 100}{\eta^{нет}_{кот}} \quad (15)$$

де $\eta^{нет}_{кот}$ - ККД нетто котла, який дорівнює:

$$\eta^{нет}_{кот} = \eta^{бр}_{кот} \left(1 - \frac{K_{в.п.}}{100} \right) \quad (16)$$

$\eta^{бр}_{кот}$ - ККД котла брутто;
 $K_{в.п.}$ - коефіцієнт, який враховує витрати палива на власні

$$Q_0^{pich} = V_n \cdot q_0 (t_{вн} - t_{с.о}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}, \quad (17)$$

де V_n - об'єм приміщень за зовнішніми обмірами, м³;

q_0 - питома опалювальна характеристика, ккал/м³ год °С;

$t_{вн}$ - середня внутрішня температура приміщень, °С;

потреби, $K_{вн} = 0,9\%$ [6].

Підставивши значення ККД котла брутто та значення $K_{вн}$ у формулу (5) отримаємо:

$$b = \frac{142,8 \cdot 100}{82 \cdot \left(1 - \frac{0,9}{100} \right)} = 175,73 \text{ кг у.п./Гкал.}$$

Отже річна питома норма на відпуск тепла біокотельними установками буде рівна **175,73** кг у.п./Гкал, у перерахунку на деревні відходи (теплотворна здатність деревних відходів 1912,6 ккал/кг) питома норма становитиме **643,16** кг/Гкал.

Розрахунок норми витрат тепла на одиницю продукції.

Тепло відпущене котельнею використовується для опалення та вентиляції будівель. Розрахунок споживання теплової енергії на опалення і вентиляції проводився за методом збільшених показників.

Річний обсяг споживання тепла на опалення інших та адміністративних будівель розраховувався за формулою [3]:

$$Q_0^{pich} = V_n \cdot q_0 (t_{вн} - t_{с.о}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}, \quad (17)$$

$t_{с.о}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С [4];

n_0 - тривалість опалювального періоду за рік, діб [5].

Результати розрахунків занесемо до табл. 4.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

4. Витрати теплової енергії на опалення будівель

Призначення приміщення	Об'єм приміщення, м ³	Середня температура в приміщенні, °С	Середня температура зовнішнього повітря, °С	Питома опалювальна характеристика, ккал/м ³ ·год ·°С	Кількість днів в опалювальному сезоні	Теплові витрати	
						ккал/год	Гкал/рік
Адміністративно-побутовий корпус (АПК)	1750	20	-1,1	0,47	176	17354,8	73,31
Контрольно-пропускний пункт (КПП) і лабораторія	650	20	-1,1	0,34	176	4663,1	19,70
Всього	2400					22017,85	93,00

Річний обсяг споживання теплової енергії на вентиляцію розраховувався за формулою, [3]:

$$Q_0^{pичн} = V_n \cdot q_v (t_{вн} - t_{c.o}) \cdot n_0 \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}, \quad (18)$$

де V_n , $t_{вн}$, $t_{c.o}$ та n_0 - показники, що входять до формули (1);

q_v - питома вентиляційна характеристика, ккал/м³ год °С;

Z - середня за опалювальний період тривалість роботи системи

вентиляції протягом доби, год (приймаємо 16 год на добу для всіх приміщень).

Результати розрахунку занесемо до табл. 5.

5. Витрати теплової енергії на опалення будівель

Призначення приміщення	Об'єм приміщення, м ³	Середня температура в приміщенні, °С	Середня температура зовнішнього повітря, °С	Питома вентиляційна характеристика, ккал/м ³ ·год ·°С	Кількість днів в опалювальному сезоні	Теплові витрати	
						ккал/год	Гкал/рік
Виробничий блок №1	1750	20	-1,1	0,09	176	3323,3	9,36
Виробничий блок №2	650	20	-1,1	0,22	176	3017,3	8,50
Всього	2400					6340,55	17,85

Нормативні втрати теплової енергії в тепломережах становлять 5% від споживання [6], величина втрат становитиме 5,54 Гкал.

Зведемо результати розрахунків витрат теплової енергії на опалення, вентиляцію та втрати у тепломережі у табл. 6 і порахуємо їх процентну частку від загального споживання.

6. Річний тепловий баланс підприємства

Статті балансу	Обсяги виробництва і споживання теплової енергії, Гкал/рік	Частка від надходження, %
Надходження	116,40	100,0
Споживання (всього):	116,40	100,0
Витрати на опалення і вентиляцію приміщень	110,86	95,0
Втрати у тепломережах	5,54	5,0

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Розрахунок витрат електроенергії на одиницю продукції.

Електроенергія використовується на сушку та зберігання зернових, а також на виробництво та відпуск тепла котельнею. Розрахуємо питомі витрати тепла на одиницю продукції,

$$W_T = \sum_1^n \kappa_e \cdot P_{\text{вст}} \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ тис.кВт} \cdot \text{год}, \quad (19)$$

де $P_{\text{вст}}$ - встановлена потужність електродвигунів, яка споживається одиницею технологічного обладнання, кВт;

κ_e - коефіцієнт використання за потужністю (визначається на основі дослідних даних);

T - тривалість роботи обладнання протягом планового періоду, годин (приймається згідно з виробничим планом підприємства);

n - кількість одиниць обладнання, які приймають участь у виробництві продукції.

Необхідна тривалість роботи обладнання визначається, виходячи з

$$W_B = \sum_1^n P_{\text{сн}} \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ тис.кВт} \cdot \text{год}, \quad (20)$$

де $P_{\text{сн}}$ - електрична потужність, що споживається однією вентиляційною установкою, кВт;

T - тривалість роботи однієї вентиляційної установки протягом планового періоду, годин;

$$W_{\text{осв.р}} = P_{\text{сн.р}} \cdot T_{\text{осв.р}} \cdot 10^{-3}, \text{ тис.кВт} \cdot \text{год} \quad (21)$$

де $P_{\text{сн.р}}$ - потужність усіх ламп загального освітлення, що споживається в робочий час, кВт;

вони будуть рівні відношенню річних витрат тепла та випуску продукції:

$$E_T = 116,4 / 73024 = 0,0016 \text{ Гкал} / \text{т}$$

Витрати електроенергії для кожного виду технологічного обладнання визначаються за виразом [7]:

запланованої річної програми виробництва продукції по підприємству.

Тривалість роботи основного та допоміжного технологічного обладнання було розраховано згідно з технологічними картами та планом виробництва на розрахунковий рік. Склад, годинне навантаження, регламент роботи технологічного електричного обладнання приведено у табл. 7.

Витрата електричної енергії на вентиляцію визначається за формулою [7, стор. 31]:

n - кількість вентиляційних установок, що працюють.

Витрати електроенергії на загальне освітлення в робочий час визначаються за формулою [7]:

$T_{\text{осв.р}}$ - тривалість роботи освітлювальних установок в робочий час, год.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

7. Склад, годинне навантаження, регламент роботи технологічного електричного обладнання

№ п.п.	Найменування продукції	Найменування структурного підрозділу, дільниці, технологічної операції	Найменування технологічної операції	Енергоспоживаюче обладнання	Кількість одночасно працюючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, $P_{вст}$, кВт	Сумарна електрична потужність встановленого обладнання, $P_{сум}$, кВт	Коефіцієнт використання обладнання	Тривалість роботи, годин за розрахунковий період	Витрати електроенергії на роботу обладнання, W , кВт·год/рік
1	Зерно	Силоси	Зберігання зерна	норія 1	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 2	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 3	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 4	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 5	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 6	1	25	25	0,8	1460	29200
				норія 7	1	25	25	0,8	1460	29200
				норія 8	1	25	25	0,75	1460	27375
				норія 9	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 1	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 2	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 3	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 4	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 5	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 6	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 7	1	7,5	7,5	0,75	1460	8212,5
				транспортер 8	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 9	1	7,5	7,5	0,75	1460	8212,5
				транспортер 10	1	20	20	0,75	1460	21900
				транспортер 11	1	30	30	0,75	1460	32850
				транспортер 12	1	25	25	0,75	1460	27375
				транспортер 13	1	25	25	0,75	1460	27375
				транспортер 14	1	15	15	0,75	1460	16425
транспортер 15	1	15	15	0,75	1460	16425				
транспортер 16	1	30	30	0,75	1460	32850				
шнек вигрузний	1	15	15	0,75	1460	16425				
шнек зачисний	1	7,5	7,5	0,75	1460	8212,5				
вентилятор	1	25	25	0,75	1460	27375				

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

№ п.п.	Найменування продукції	Найменування структурного підрозділу, дільниці, технологічної операції	Найменування технологічної операції	Енергоспоживаюче обладнання	Кількість одночасно працюючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, $P_{\text{вст}}, \text{кВт}$	Сумарна електрична потужність встановленого обладнання, $P_{\text{сум}}, \text{кВт}$	Коефіцієнт використання обладнання	Тривалість роботи, годин за розрахунковий період	Витрати електроенергії на роботу обладнання, $W, \text{кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$
				вентилятор	1	25	25	0,75	1460	27375
				скальператор	1	1,1	1,1	0,75	1460	1496
				зadвижки	1	0,2	0,2	0,75	1460	219
				вигрузка очистки	1	3	3	0,75	1460	3285
2	Зерно	Зерносушарка	Сушка зерна	Вентиляція	1	225	225	0,7	730	114975
Разом										777887,5

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

В табл. 8 приведено дані щодо вуличного освітлення.

8. Вуличне освітлення

Тип ламп	Потужність	Кількість	$K_{пра}$	$K_{в}$	$P_{вст},$ кВт	$T,$ год/рік	$W,$ кВт·год/рік
ДРЛ 250	0,25	8	1,12	0,95	2,128	2190	4660,32

Витрати електроенергії обладнанням механічних цехів або майстерень визначаються за формулою [7, стор. 31]:

$$W = P_y \cdot T \cdot K_n, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (22)$$

де T - термін роботи даного механізму протягом планового періоду, год. (визначається хронометражем виконаний замовником);

$$\Delta W_{mp} = (\Delta P_{xx} \cdot T_0 + K_{\phi}^2 \cdot \beta^2 \cdot \Delta P_{кз} \cdot T_p) \cdot 10^{-3}, \text{ тис.кВт} \cdot \text{год}, \quad (23)$$

де ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ - втрати потужності в трансформаторі відповідно при холостому ході і короткому замиканні трансформатора (визначаються за паспортними даними або за номограмами втрат);

T_0 - число годин приєднання трансформатора до мережі за розрахунковий період;

T_p - число годин роботи трансформатора з навантаженням за розрахунковий період;

β - коефіцієнт навантаження трансформатора, дорівнює відношенню середнього струму навантаження до номінального струму трансформатора ($\beta = I_{сеп} / I_n$);

K_{ϕ} - коефіцієнт форми графіка навантаження трансформатора, що дорівнює відношенню

P_y - установлена потужність електродвигунів механізму, кВт;

K_n - коефіцієнт використання механізму за потужністю.

Розрахунок втрат електричної енергії в трансформаторах виконується за формулою [7, стор. 38]:

середньоквадратичного значення струму навантаження до середнього струму навантаження трансформатора за розрахунковий період ($I_{ср.кв} = I_{сеп} \cdot K_{\phi}$).

Середній струм навантаження за розрахунковий період роботи трансформатора визначається за формулою [7]:

$$I_{сеп} = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot T_p}, \text{ А}$$

де W_a , W_p - витрати активної і реактивної енергії за розрахунковий період, кВт·год, квар год;

U_n - номінальна напруга мережі, кВ;

T_p - число годин роботи трансформатора з навантаженням за розрахунковий період, год.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Коефіцієнт форми графіка навантаження трансформатора K_ϕ може бути визначений за характерними добовими графіками навантаження підприємства або цеху окремо для зимового і літнього періодів за формулою [7]:

$$K_\phi = \sqrt{24} \cdot \sqrt{\frac{(W_a^{zod})^2 + (W_p^{zod})^2}{W_a^2 + W_p^2}},$$

де W_a^{zod}, W_p^{zod} - щогодинне споживання активної і реактивної енергії, кВт·год, кВАр·год;

$$\Delta W_l = 3 \cdot K_\phi^2 \cdot I_{сер}^2 \cdot R_e \cdot T_p \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (24)$$

де K_ϕ - коефіцієнт форми графіка навантаження лінії;

$I_{сер}$ - середнє значення струму в лінії за характерну добу, А;

R_e - еквівалентний активний опір лінії, Ом;

W_a, W_p - витрати активної і реактивної енергії за відповідну добу, кВт·год, кВАр·год.

Співвідношення $I_{сер} / I_n$ приймається також на підставі характерного добового графіка навантаження трансформатора.

Втрати енергії в будь-якій лінії цехової або заводської електричної мережі за відповідний розрахунковий період визначаються за формулою [7, стор. 39]:

T_p - число годин роботи лінії за розрахунковий період, год.

В табл. 9 наведено дані щодо витрат електроенергії на допоміжні заводські потреби для основних виробничих підрозділів.

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

9. Витрати електроенергії на допоміжні заводські потреби для основних виробничих підрозділів

№ п.п.	Найменування цеху	Енергоспоживаюче обладнання	Кількість одночасно працюючого обладнання	Встановлення потужність одиниці обладнання, $P_{вст}$, кВт	Сумарна електрична потужність встановленого обладнання, $P_{сум}$, кВт	Коефіцієнт використання обладнання	Тривалість роботи, годин за розрахунковий період	Витрати електроенергії на роботу обладнання, W , кВт·год/рік
1	Адміністративний корпус	Освітлення	20	0,06	1,2	0,9	2190	2365,2
		Холодильник побутовий	1	0,135	0,135	0,4	2190	118,26
		Тепловентилятор	3	1,5	4,5	0,6	2190	5913
2	Контрольно-пропускний пункт	Обігрівач масляний	1	1,5	1,5	0,6	2190	1971
		Освітлення	2	0,06	0,12	0,9	2190	236,52
3	Майстерня	Свердильний станок	1	2,2	2,2	0,6	2190	2890,8
		Електроточило	1	1,5	1,5	0,6	2190	1971
		Точильний станок	1	3	3	0,6	2190	3942
		Компресор	1	4	4	0,6	2190	5256
		Освітлення	10	0,06	0,6	0,6	2190	788,4
4	Втрати в трансформаторах та мережі							16425
Разом								41877,18

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

Зведені дані обсягів витрат електроенергії по окремим видам продукції за напрямками споживання надано у табл. 10. Розподілення допоміжних цехових та заводських

витрат було виконано пропорційно до енергоємності технологічного процесу виготовлення кожного з видів продукції.

10. Обсяги споживання електроенергії на виробництво продукції, кВт·год/рік

Найменування продукції	Назва цеху	Одиниця обліку	На технологічні потреби	На допоміжні заводські потреби	Повний обсяг витрат електроенергії
Зерно	Зерносушарка та силоси	кВт·год/рік	761462,5	46537,5	808000

Розраховані величини норм виробництва одиниці продукції питомих витрат електроенергії на наведені в табл. 11.

Таблиця 11 - Величини норм питомих витрат електроенергії на виробництво продукції

Найменування продукції	Назва цеху	Одиниця обліку	Обсяг	Технологічна норма	Загальновиробнича заводська норма
Зерно	Зерносушарка та силоси	кВт·год/т	73024	10,4	11,1

Висновки

Розраховано наступні показники енергоємності продукції:

- норми витрат електроенергії та тепла одиницю продукції (зерно);
- норма витрат палива на одиницю продукції (зерно);
- норма витрат палива на відпуск тепла котельнею підприємства;

Дані показники являються індикаторами енергоефективності

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання, гармонізований з міжнародним стандартом (ISO 50001:2011, IDT)».

підприємства, які розроблені з врахуванням технічних характеристик обладнання, часу його роботи, кліматичних умов та ін. По цим показникам в майбутніх періодах оцінюватиметься енергоефективність роботи технологічного та допоміжного обладнання а також котельні підприємства, яка відпускає теплову енергію.

2. «Основні методичні положення з нормування паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві», затверджені наказом Держкоменергозбереження № 112 від 22.10.2002 р.;

3. Мелехин В.Т. Основные вопросы методики нормирования теплопотребления в промышленности. Л.: Энергия. 1966. 60 с;

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж. Сірко З. С.

4. ДСТУ Н Б В.1.1-27-2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія».

5. Ионин А.А. Теплоснабжение и тепловые сети. М.: Энергоиздат. 1985. 360с.

6. Галузева методика нормування витрат палива на виробництво та відпуск теплової енергії котельними теплового господарства. К.: ВАТ «УкрНДІінжпроект». 1998. 91с.

7. Гофман И.Ф. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы на промышленных предприятиях. М.: Энергия. 1966. 126 с.

References

1. DSTU ISO 50001:2014 “Energozberzhennya. Systemy energetychnogo menedzhmentu. Vymogy ta nastanova schodo vykorystannya, garmonizovaniy z mizhnarodnym standartom (ISO 50001:2011, IDT)”.

2. «Osnovni metodychni polozhenya z normuvannya palyvno-energetychnyh resursiv u suspilnomu vyrobnytstvi», zatverdzeni nakazom Derzhkomenergozberzhennya # 112 vId 22.10.2002 r.;

3. Melehin V.T. (1966). Osnovnyie voprosyi metodiki normirovaniya teplopotrebleniya v promyshlennosti. L.: Energiya. 60 s;

4. DSTU N B V.1.1-27-2010 «Zahist vId nebezpechnih geologichnih protsesiv, shkidlyvih ekspluatatsiynih vpliviv, vId pozhezhI. Budivelna klimatologiya».

5. Ionin A.A. (1985). Teplosnabzhenie i teplovyie seti. M.: Energoizdat. 360s.

6. (1998). Galuzeva metodyka normuvannya vytrat palyva na vyrobnytstvo ta vidpusk teplovoi energii kotelnymy teploвого gospodarstva. K.: VAT «UkrNDIInzhproekt». 91s.

7. Gofman I.F. (1966). Normirovanie potrebleniya energii i energeticheskie balansyi na promyshlennyih predpriyatiyah. M.: Energiya. 126 s.

METHODS OF DETERMINATION OF PRODUCT ENERGY INTENSITY ON THE EXAMPLE OF A GRAIN ELEVATOR

V. A. Korenda, O. S. Protasov, I. Y. Vyshniakov, M. J. Kolyadyuk Z. S. Sirko

Abstract. Energy management is an independent type of professional activity aimed at achieving in the course of any business activity of an enterprise operating in market conditions, reducing costs by improving energy efficiency. Energy management includes a set of measures aimed at saving energy resources: monitoring of energy consumption and energy intensity of products, development of energy budgets, analysis of existing indicators as a basis for drawing up new budgets, development of energy policy, planning of new energy saving measures. This article describes the methodology for determining the energy intensity of products for industrial enterprises, namely energy intensity indicators. These values include: norms of consumption of heat and electricity per unit of industrial production, as well as norms of consumption of fuel and electricity for the supply of heat to the boiler plant of the enterprise. These numbers are indicators of energy efficiency that need to be calculated when implementing energy management systems at enterprises. They are the benchmarks by which the current state of energy efficiency is assessed and planned for the future, taking into account changes in output, implementation or dismantling of equipment,

Коренда В. А., Протасов О. С., Вишняков І. Ю., Колядюк М. Ж., Сірко З. С.

implementation of energy-saving measures, etc. The article shows the calculation of energy consumption of products by the example of a grain elevator.

Key words: energy intensity, electric energy, heat energy, fuel, grain elevator