



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

МУНІЦИПАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА
РЕФОРМА В УКРАЇНІ

Енергоаудит та показники енергоефективності на прикладі систем паливовикористовуючого обладнання

ПЕФ «ОПТИМЕНЕРГО» Кононенко В.В



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

МУНІЦИПАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА
РЕФОРМА В УКРАЇНІ

Фактори, які впливають на енергетичну ефективність агрегатів та систем

Паливовикористовуюче обладнання



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

МУНІЦИПАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА
РЕФОРМА В УКРАЇНІ

Три істини енергетичного менеджменту :

" Не можна керувати тим, що не можна виміряти "

" Вимірювання приносять мало користі без аналізу "

" Щоб отримати результати, потрібні дії "

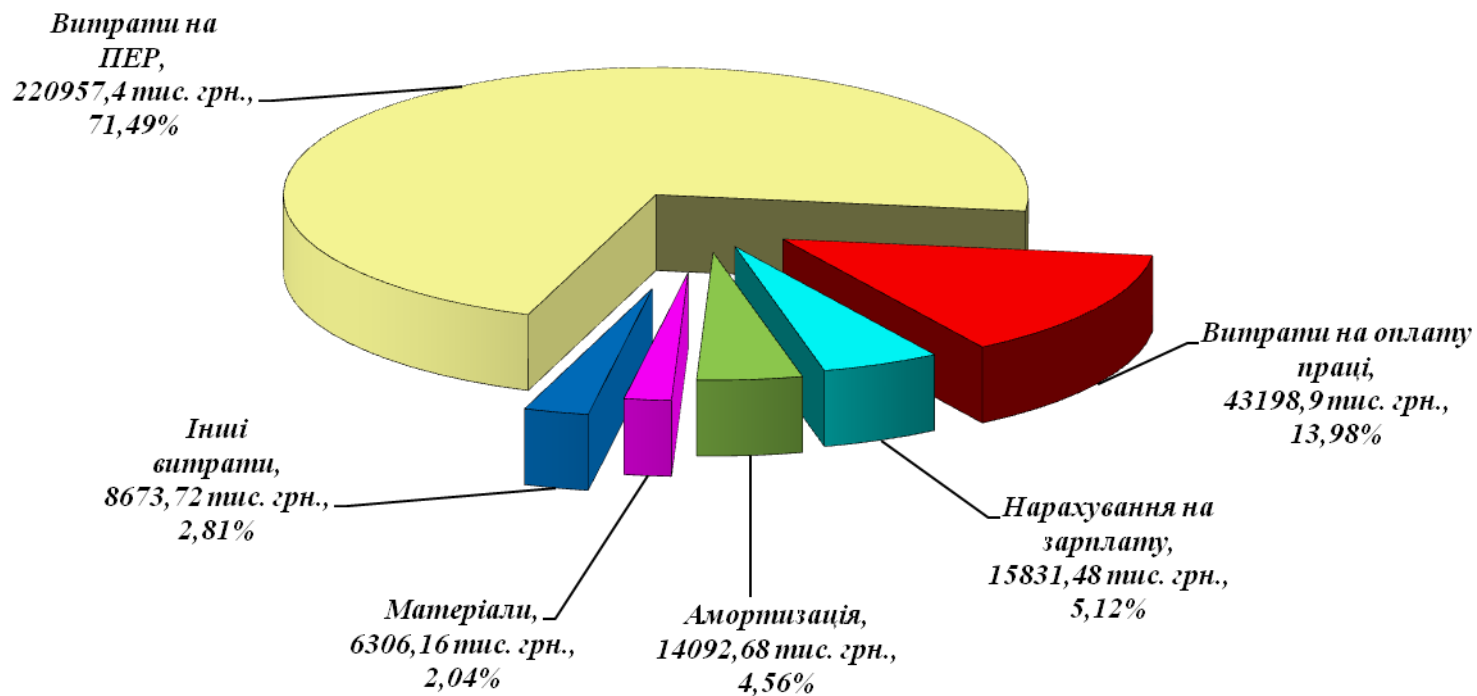


Етапи енергоаудиту та енергетичного менеджменту:

- *збір даних*
- *аналіз та обробка даних*
- *розробка заходів з підвищення енергоефективності*
- *впровадження заходів*
- *Моніторинг ефективності впровадженого заходу*

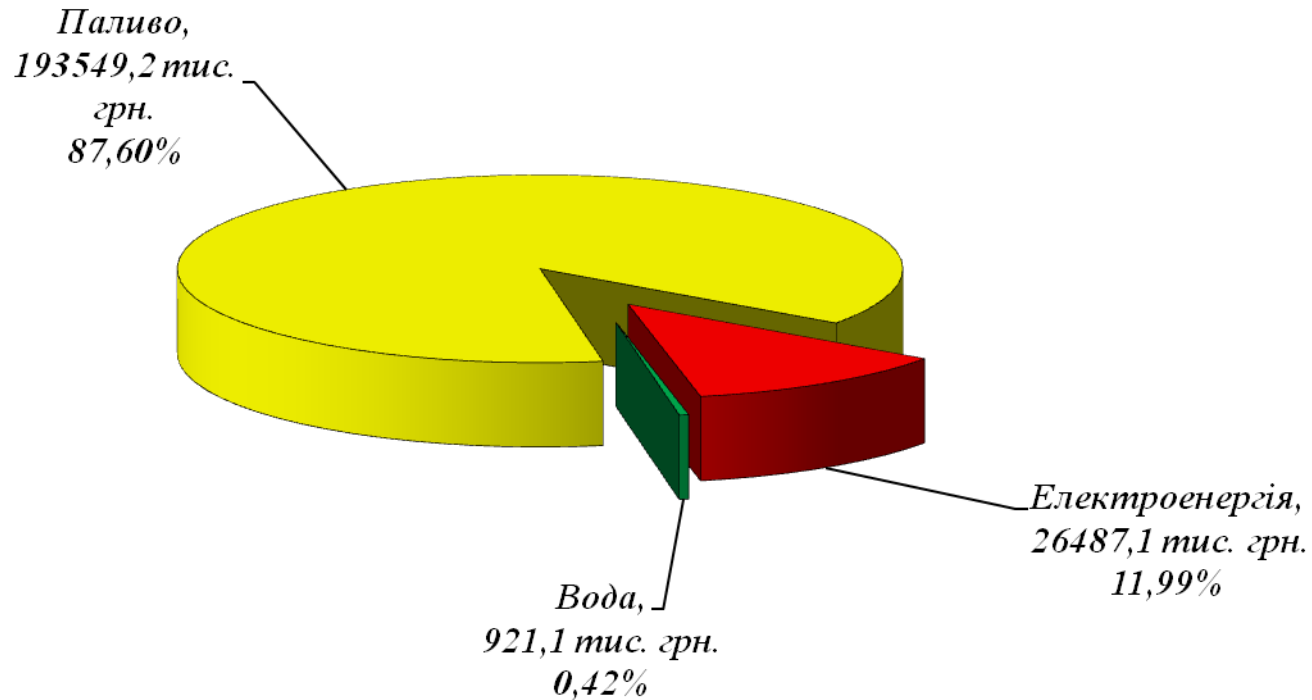


Структура загальних витрат підприємства



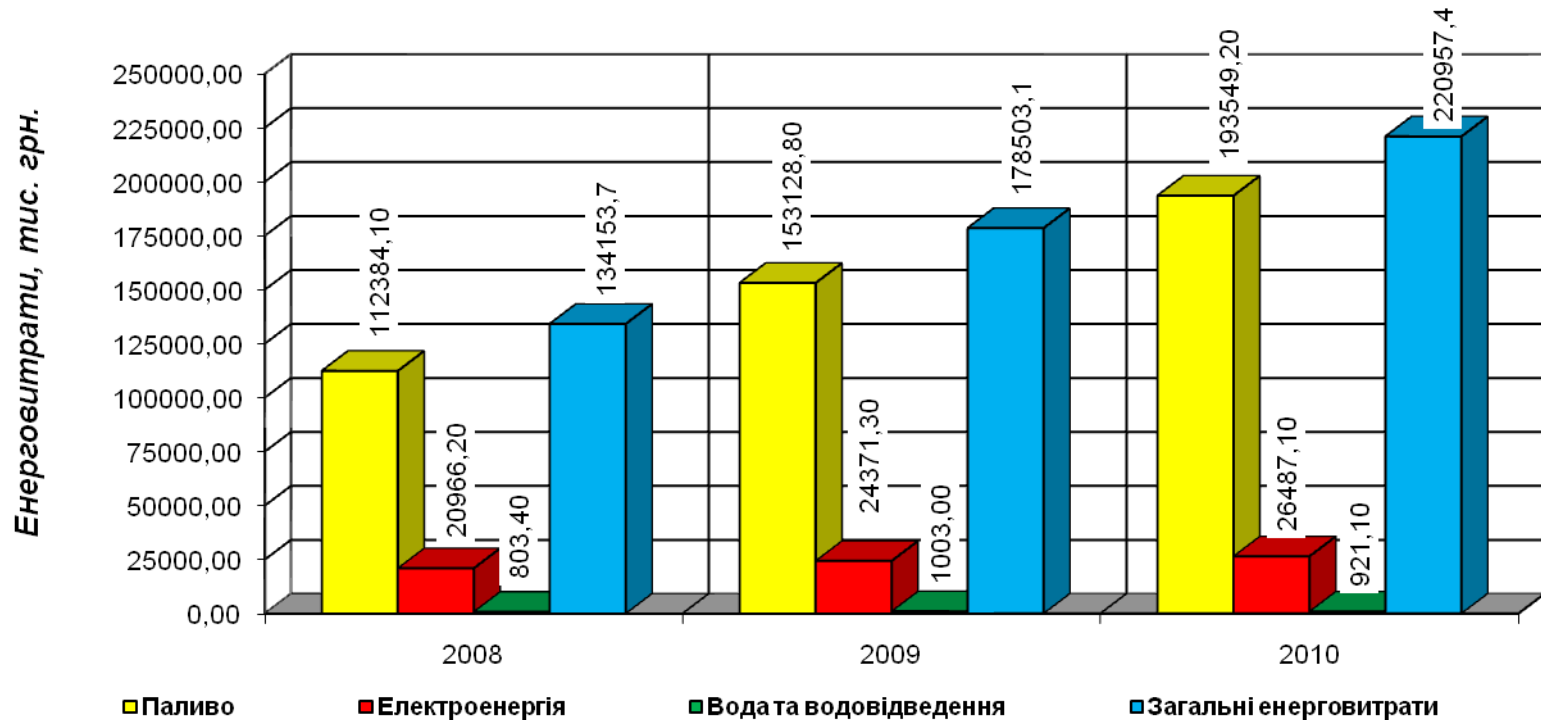


Структура енерговитрат Підприємства



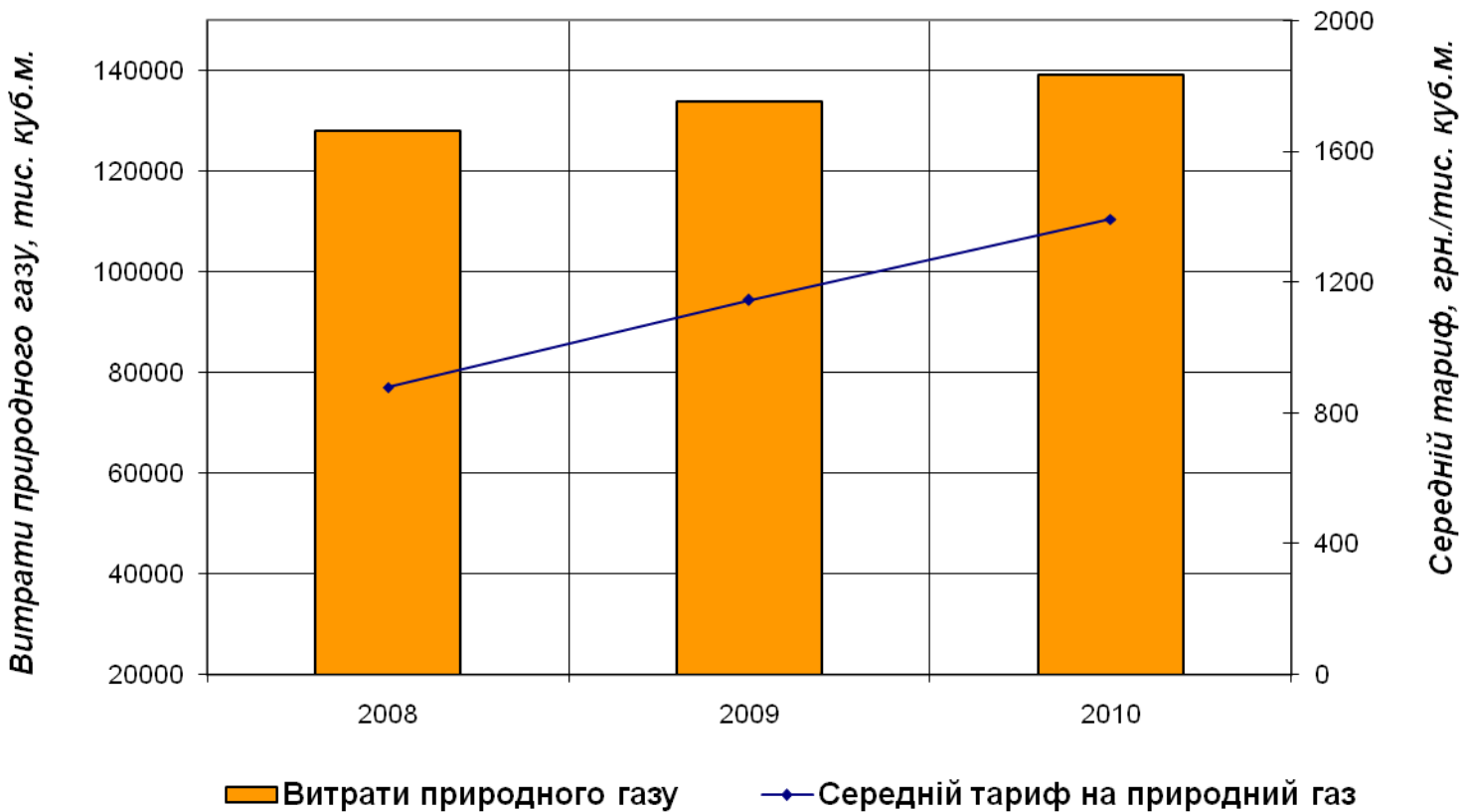


Динаміка змінення витрат підприємства на ПЕР



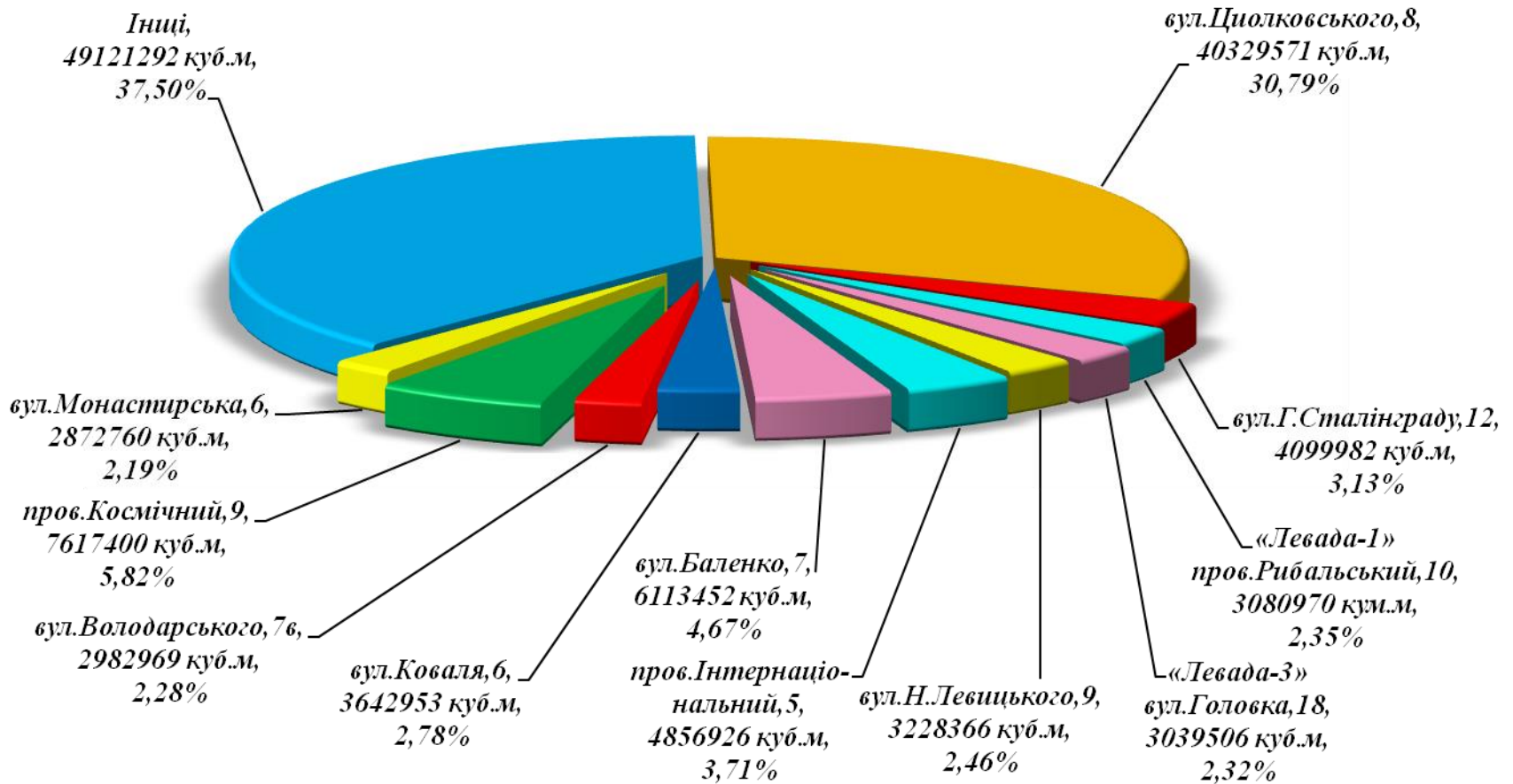


Динаміка змінення витрат природного газу та тарифів на його сплату за період 2008-2010 р.р.





Баланс споживання природного газу котельнями підприємства





Побудовані баланси використання палива дозволяють:

- детально представити структуру і профіль використання палива на підприємстві (по котельнях);
- виявити найбільш великих споживачів палива;
- скласти план проведення аналізу ефективності використання палива різними споживачами відповідно до розміру частки їх енергоспоживання у сумарній витраті палива.



Головним показником ефективності споживання палива є коефіцієнт корисної дії обладнання (котлоагрегатів).

Для визначення ККД котлоагрегатів застосовується прямий і непрямий методи (прямого і зворотного балансу).

ККД за прямим балансом

ККД парових котлів, що використовують у вигляді палива природний газ і мазут, визначається за наступною формулою:

$$\eta^{бр} = Q^{к_{бр}} \times 100 / Q^п, \%$$

де: $\eta^{бр}$ – коефіцієнт корисної дії котлоагрегату брутто, %;

$Q^{к_{бр}}$ – теплопродуктивність котлоагрегату, Гкал/год;

$Q^п$ – теплова енергія, внесена в топку котла при спалюванні палива, Гкал/год.



Теплова енергія, що виділяється при спалюванні палива, визначається за наступною формулою:

$$Q^T = Q^p_n \times V_n / 10^6, \text{ Гкал/ч,}$$

де: Q^p_n – нижча робоча теплота згоряння палива, ккал/м³ для природного газу та ккал/кг для мазуту;

V_n – витрата палива на котлоагрегат, м³/год для природного газу та кг/год для мазуту.

Нижча робоча теплота згоряння береться за наданими представниками підприємства сертифікатам фізико-хімічних параметрів палива (природного газу і мазуту).

Витрата природного газу береться за показаннями штатного приладу обліку з урахуванням корекції на його дійсну температуру і тиск при здійсненні інструментального обстеження згідно з розрахунковими даними, закладеними в коректор приладу обліку. Для визначення витрати мазуту використовуються витратні характеристики мазутних форсунок, складені при проведенні їх тарировки, або показання наявного стаціонарного приладу обліку.



Теплопродуктивність парового котлоагрегату обчислюється за такою формулою:

$$Q_{бр}^k = [D_k^{дій} \times (i_{п} - i_{жв}) + D_{пп}^{дій} \times (i_{пп2} - i_{пп1}) + G_{пр} \times (i_{пр} - i_{жв})] / 10^3, \text{ Гкал/год,}$$

де: $D_k^{дій}$ – дійсна витрата пари, визначена згідно з даними показань приладів тиску і температури з корекцією на розрахункові параметри приладу обліку пари, т/год;

$D_{пп}^{дій}$ - дійсна витрата пари через пароперегрівач (за його наявності), визначена згідно з даними показань приладів тиску і температури з корекцією на розрахункові параметри приладу обліку пари, т/год;

$i_{п}$ – ентальпія пари після котлоагрегату, ккал/кг;

$i_{жв}$ – ентальпія живильної води перед котлоагрегатом, ккал/кг;

$i_{пп2}, i_{пп1}$ - ентальпія пари до і після пароперегрівача (за його наявності), ккал/кг;

$G_{пр}$ – витрата води безперервної продувки котлоагрегату, т / год, яка визначається за штатним витратоміром або за формулою:

$$G_{пр} = P \times D_k^{дій} / 100;$$

$i_{пр}$ – ентальпія води безперервної продувки, ккал/кг;

P – відсоток безперервної продувки за даними хімлабораторії, %, обчислюється за формулою:



$$P = 100 \times \text{Лжв} / (\text{Лкв} - \text{Лжв}),$$

Лжв, Лкв – відповідно лужність живильної і котлової води, мкг екв./л;

Теплопродуктивність *водогрійного* котлоагрегату обчислюється за такою формулою:

$$Q_{\text{бр}}^{\text{к}} = G_{\text{в}} \times (i_{\text{в1}} - i_{\text{в2}}) / 10^3, \text{ Гкал/ч},$$

де: $G_{\text{в}}$ – витрата мережної води через котел, т/год.

$i_{\text{в1}}, i_{\text{в2}}$ – ентальпія мережної води до та після котла, ккал/кг.

Ентальпія насиченої і перегрітої пари, води безперервної продувки, живильної і мережної води визначається згідно з таблицями теплофізичних властивостей води і водяної пари по відповідним значенням тиску і температури.

Як видно з наведеного розрахунку ККД котлоагрегату за прямим балансом необхідно вимірювати кількість і параметри пари і води, тиск і температуру палива, визначати параметри і кількість безперервної продувки (для парових котлів). Подібні вимірювання трудомісткі.



Так само необхідно мати відомості про фізико-хімічні параметри палива, які, як правило, підприємства ЦСТ отримують від постачаючих організацій один раз на місяць і при цьому не можливо врахувати відхилення його теплотворної здатності Q_{p_n} , від зазначеної в сертифікаті, при проведенні інструментального обстеження паливовикористовуючого обладнання.

Визначення ККД по зворотному балансу вважається більш достовірним і **рекомендується** при обробці даних інструментальних обстежень паливовикористовуючого обладнання. Цей метод виключає помилки, пов'язані з вище наведеними факторами визначення ККД за прямим балансом, вимагає меншого числа вимірів, а, головне дозволяє більш точно встановити умови спалювання палива.

ККД по зворотному балансу

Згідно з методом проф. Равіча М. Б. ККД котлоагрегатів по зворотному балансу для парових та водогрійних котлоагрегатів, працюючих на природному газі і мазуті, визначається за наступною формулою:

$$\eta^{op} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6), \%$$



де: q_2 – втрати тепла з відхідними газами;

q_3 – втрати тепла внаслідок хімічної неповноти горіння (хімнедопал);

q_4 – втрати тепла внаслідок механічної неповноти згоряння (мехнедопал);

q_5 – втрати тепла в навколишнє середовище;

q_6 – втрати з фізичною теплотою шлаку та золи.

При роботі на газоподібному і рідкому паливі втрати q_4 і q_6 відсутні.

Підраховуючи q_2 і q_3 за даними аналізу продуктів горіння і визначаючи q_5 можна скласти тепловий баланс роботи котла і визначити його ККД, не визначаючи витрати палива, його склад і теплотворну здатність.

Основними втратами тепла при спалюванні палива є втрати з відхідними газами.

Втрати тепла з відхідними газами q_2 при спалюванні газоподібного та рідкого палива з надлишком повітря визначаються за формулою:

$$q_2 = 0,01 \times (T_{вг} - T_{п}) \times Z, \quad \%$$

де: $T_{вг}$ – температура відхідних газів, вимірюється в балансовій точці, °С;

$T_{п}$ – температура повітря, внесеного у топку котла, °С;

Z – довідкова величина, визначається по RO_2 и $T_{вг}$, %.



- **Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти горіння**

Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згорання обумовлені наявністю в продуктах горіння газоподібних горючих складових (водню, окису вуглецю і метану). Величина втрат від хімічної неповноти згорання характеризує те тепло, яке могло б додатково виділитися при згорянні цих газів

$$q_3 = (30,2 \times CO + 25,8 \times H_2 + 85,5 \times CH_4) \times h \times 100/P, \quad \%$$

де: $h = CO_2 \text{ max} / (CO_2 + CO + CH_4)$ – коефіцієнт розбавлення сухих продуктів згорання;

$CO_2 \text{ макс}$ – для природного газу 11,8%;

CO, CO_2, H_2, CH_4 , - вміст цих газів у продуктах згорання, %;

P – нижча теплота згорання палива, віднесена до 1 nm^3 сухих продуктів горіння (для природного газу = 1000 ккал/ m^3).

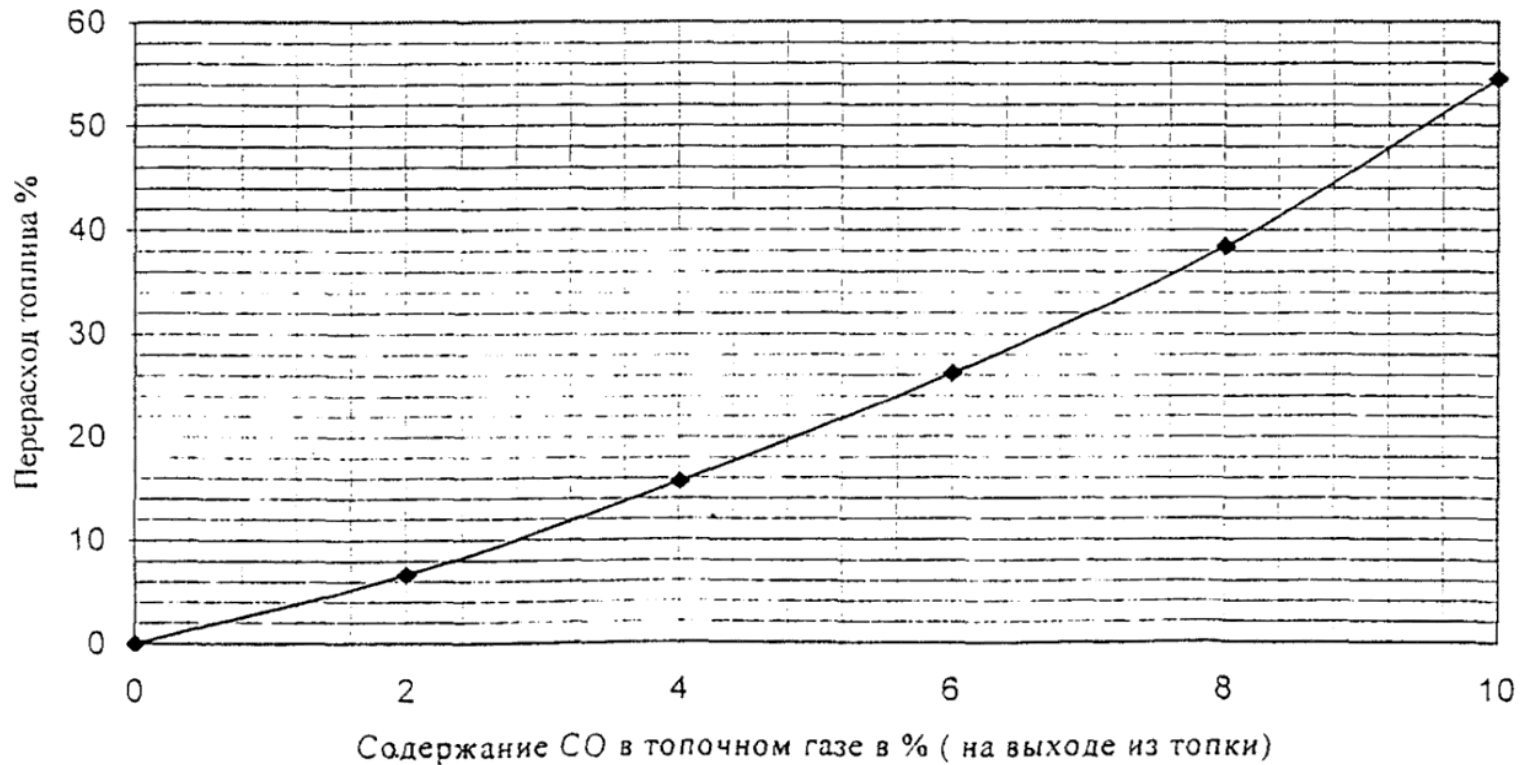
Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згорання палива можуть досягати значної величини. Нижче наведена діаграма, що характеризує втрати палива від вмісту CO у відхідних газах.

В основному експлуатація котлів на котельнях підприємств ЦСТ здійснюється за режимними картами. При цьому персонал котелень не завжди відстежує дотримання співвідношення «паливо-повітря», особливо на проміжних навантаженнях, які не відображені в режимній карті.

Мінімізація втрат q_3 є одним з ефективних заходів щодо підвищення ефективності використання палива.



Вплив вмісту CO (хімічний недопал) у відхідних газах на перевитрату палива (газ, мазут)





Втрати тепла внаслідок механічної неповноти згоряння

$$q_4 = [a_{шл} \times G_{шл} / (100 - G_{шл}) + a_{ун} \times G_{ун} / (100 - G_{ун}) + a_{пр} \times G_{пр} / (100 - G_{пр})] \times 7800 \times A_p / Q_p^P,$$

де: $a_{шл}$, $a_{ун}$, $a_{пр}$ – вміст золи в шлаку, уносі та провалі, %;

$G_{шл}$, $G_{ун}$, $G_{пр}$ – вміст горючих в шлаку, уносі та провалі, %;

A_p – зольність робочого палива, %;

7800 – середня теплота згоряння 1 кг горючих, що містяться в шлаку, уносі, провалі, ккал/кг.



Втрати тепла в навколишнє середовище

Втрати тепла у зовнішнє середовище пов'язані з охолодженням огорожувальних конструкцій та елементів котлоагрегату і залежать від розмірів, товщини і якості обмурівки, ступеня екранування топки, наявності хвостових поверхонь нагріву (водяних економайзерів, підігрівачів повітря).

для парових котлів

$$q_5 = q_5 \text{ ном} \times D_{\text{кном}} / D_{\text{к}}, \quad \%$$

де: $D_{\text{кном}}$ и $D_{\text{к}}$ – відповідно номінальне і фактичне навантаження котла, т/год;
 $q_5 \text{ ном}$ – втрати тепла в навколишнє середовище при номінальному навантаженні котла, %.

для водогрійних котлів:

$$q_5 = q_5 \text{ ном} \times (Q_{\text{кном}} / Q_{\text{к}} + 1) \times 0,5, \quad \%$$

де: $Q_{\text{кном}}$ и $Q_{\text{к}}$ – відповідно номінальне і фактичне навантаження котла, Гкал/час;
 $q_5 \text{ ном}$ – втрати тепла в навколишнє середовище при номінальному навантаженні котла, %.



Коефіцієнт надлишку повітря

Коефіцієнт надлишку повітря α є відношення кількості повітря, фактично поданого в топку, до теоретично необхідному для горіння кількості повітря. Найбільш точно коефіцієнт надлишку повітря підраховується за «азотною» формулою, яка має вигляд:

$$\alpha = N_2 / [N_2 - 3,76 \times (O_2 - 2CH_4 - 0,5CO - 0,5H_2)],$$

де: N_2 , O_2 , CH_4 , CO и H_2 – вміст у продуктах горіння відповідно азоту, кисню, метану, оксиду вуглецю і водню, %.

Оскільки підрахунок за «азотною» формулою ускладнюється необхідністю детального аналізу відхідних газів, представляє інтерес метод підрахунку з аналізу продуктів горіння на вміст кисню. У цьому випадку α визначається за формулою:

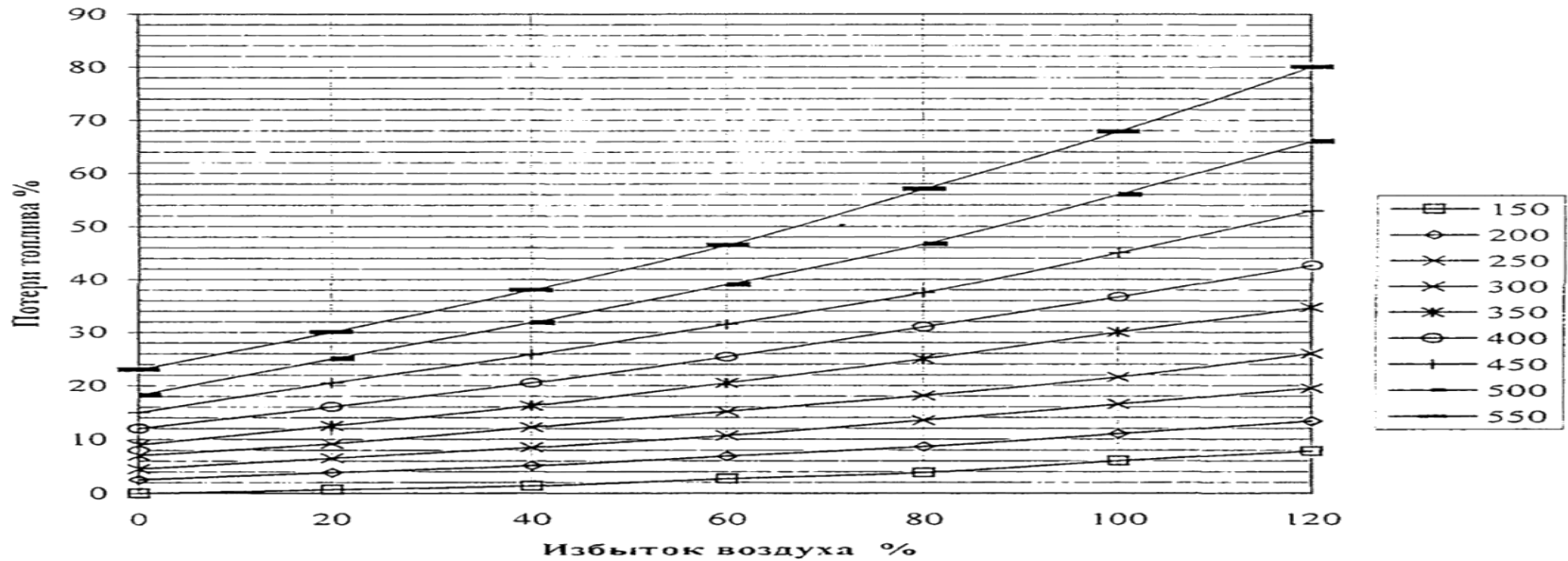
$$\alpha = (21 - \rho \times O_2) / (21 - O_2),$$

де: ρ - коефіцієнт, що характеризує відношення різниці теоретичних об'ємів повітря і продуктів горіння до теоретично необхідного обсягу повітря ($\rho = 0,1$ для природного газу, $\rho = 0,05$ для мазуту, $\rho = 0,02$ для твердих палив).



Ефективність спалювання палива залежить від температури відхідних газів і від коефіцієнта зміни обсягу сухих продуктів горіння в порівнянні з теоретичним об'ємом внаслідок розведення їх повітрям, який безпосередньо залежить від надлишку повітря, що бере участь в процесі горіння.

Нижче наводяться залежності втрат тепла при спалюванні природного газу і мазуту в залежності від температури відхідних газів і надлишків повітря.





Показники роботи водогрійного котла ДКВР-4 ст. №

№ пп	Найменування параметра	Позначення	Од. вим.
1.	Витрата води через котел	G _в	м ³ /год.
2.	Температура води перед котлом	t ₁	°С
3.	Температура води за котлом	t ₂	°С
4.	Теплопродуктивність котла	Q _к	Гкал/год.
5.	Тиск води до котла	P ₁	кгс/см ²
6.	Тиск води за котлом	P ₂	кгс/см ²
7.	Гідравлічний опір котла	ΔP	кгс/см ²
8.	Витрата палива	V _п	м ³ /ч
9.	Теплота згорання палива	Q _{рн}	ккал/м ³
10.	Тиск газу на пальники	P _{т.}	кгс/м ²
11.	Тиск повітря на пальники	P _п	кгс/м ²
12.	Температура повітря на пальники	t _п	°С
13.	Концентрація в сухих продуктах згорання за котлом:		
	діоксиду вуглецю;	VCO ₂	%
	кисню;	VO ₂	%
	оксиду вуглецю;	VCO	%
14.	Коефіцієнт надлишку повітря перед димотягом	α	-
15.	Температура відхідних газів	t _{ух}	°С
16.	Втрати тепла з відхідними газами	q ₂	%
17.	Втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згорання	q ₃	%
18.	Втрати тепла у зовнішнє середовище	q ₅	%
19.	ККД котла бруто по зворотному балансу	η _{бр⁰⁶}	%
20.	Питома витрата натурального палива по зворотному балансу	b _{уд_н}	м ³ /Гкал



Регресійний аналіз характеру паливоспоживання підприємств ЦСТ

Для оцінки характеру споживання палива в цілому по підприємству і по окремим котельням необхідно розглянути динаміку зміни величини паливоспоживання за досить тривалі періоди роботи. Для цього використовується вихідна статистична інформація про витрати палива за цікавий період часу, а також інформація про зміну величини чинника, що впливає на обсяг споживання палива.

Об'єктивним чинником, від якого залежить витрата палива на котельнях підприємств ЦСТ для генерації теплової енергії, є фактична величина градусодоб за певний часовий інтервал, так як необхідна кількість теплової енергії на потреби опалення обумовлено температурою зовнішнього повітря і температурою повітря в опалювальному приміщенні.

Градусодоба - це різниця між нормативною температурою повітря в опалювальному приміщенні і середньодобовою температурою зовнішнього повітря.

$$n = T_{\text{вн}}^p - T_{\text{зп}}^{\text{ср}}$$

де: n – фактична кількість градусодоб на добу;

$T_{\text{вн}}^p$ – нормативна температура повітря в опалювальному приміщенні, $+20^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{зп}}^{\text{ср}}$ – фактична середньодобова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.



Як правило, для побудови графіків, що ілюструють динаміку зміни величини споживання палива та зміни впливаючого чинника, використовують:

- відомості про щомісячні (щодобових) витратах палива обраним об'єктом (котельні) за один або кілька опалювальних сезонів;
- відомості про середньомісячну (середньодобову) температуру зовнішнього повітря за той же період.

Графіки будуються за допомогою MS Excel. Графіки будують для найбільш енергоємних об'єктів підприємства - найбільш великих котелень, ТЕЦ.

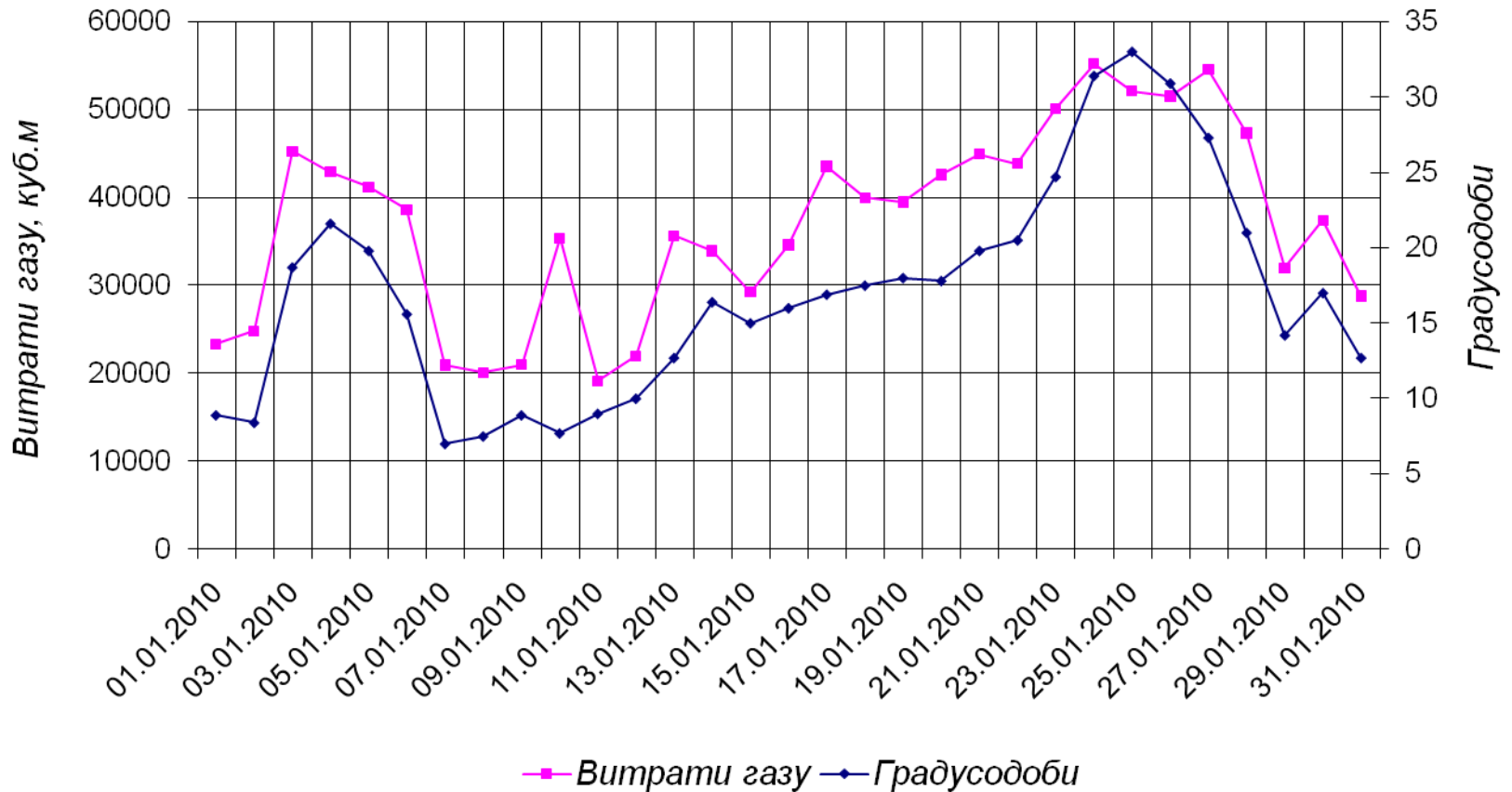
На підставі побудованих діаграм необхідно з'ясувати характер відповідності (наявність/відсутність взаємозв'язку) витрат палива зміні градусодіб, тобто зміні температури зовнішнього повітря.

Приклад





Динаміка зміни добових витрат палива котельні за січень





З наведеної діаграми видно, що 02, 10, 20 січня при збільшенні температури зовнішнього повітря витрата палива збільшувалася і навпаки, 04, 14, та 25 січня при зменшенні температури зовнішнього повітря споживання природного газу знижувалося. Таким чином, наведена діаграма свідчить про наявність взаємодії між витратами газу і кількістю градусодіб при незначній розбіжності характеру кривої споживання палива і кривої градусодіб.

Після цього слід дати кількісну оцінку взаємозв'язку між витратами палива і впливаючим чинником (градусодобами).

Кількісну оцінку взаємозв'язку між витратами палива і градусодобами зручніше визначати, використовуючи математичний апарат регресійного аналізу, в основі якого лежить аналіз залежності попарних значень двох вибірок даних, одна з яких - величина споживання палива, друга вибірка - значення градусодіб.

Застосування регресійного аналізу дозволить одержати співвідношення між величиною споживання палива і кількістю градусодіб. Найбільш проста і досить достовірна модель залежності для даного випадку - лінійна залежність виду:



$$Y = a \times X + b,$$

де: **Y** – витрата палива,

X – кількість градусодіб,

a – коефіцієнт залежності, що означає змінну складову витрати палива, що залежить від кількості градусодіб,

b – коефіцієнт залежності, що означає постійну складову витрати палива, не залежну від кількості градусодіб.

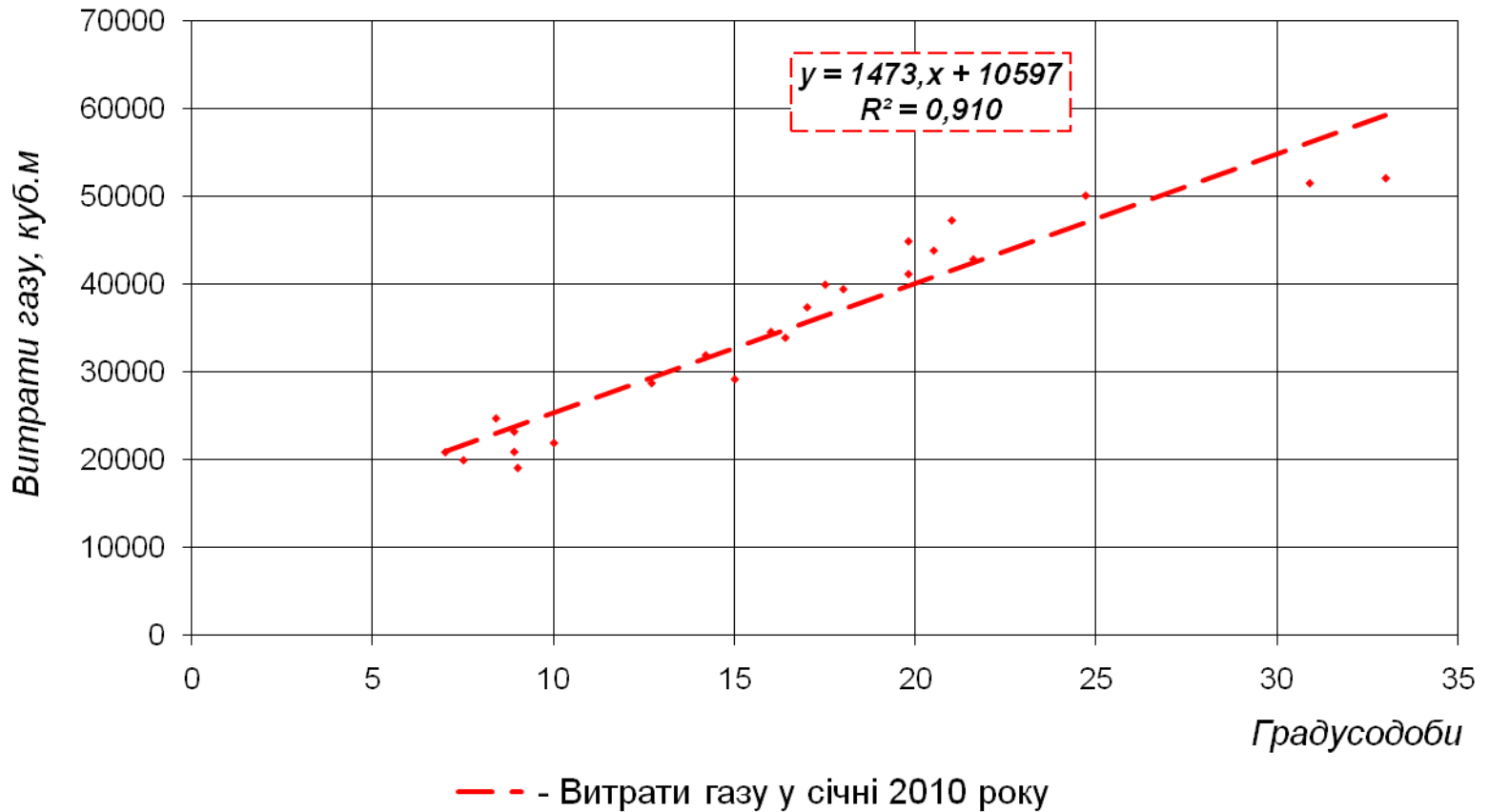
Графічну та аналітичну форму залежності між витратами палива і кількістю градусодіб зручно реалізувати також за допомогою MS Excel шляхом побудови лінії тренда на кореляційному полі крапок, сформованому з вибірки даних про витрати палива та кількості градусодіб за досліджуваний період.

Приклади графіків залежності витрат палива від кількості градусодіб наведено нижче.





Залежність витрат палива котельні від кількості градусодіб





Критерії,

за якими можна судити, має місце взаємозв'язок між витратами палива та градусодобами, або вона відсутня, такі:

➤ Значення коефіцієнта детермінації має бути $R^2 \geq R^2_{\text{крит}}$, де $R^2_{\text{крит}}$ визначається згідно: Бараз В.Р. Кореляційно-регресійний аналіз зв'язку показників комерційної діяльності із застосуванням програми EXCEL (навчальний посібник. Єкатеринбург, 2005 р.).

➤ Значення коефіцієнтів **a** и **b** у рівнянні $Y = a \times X + b$ має бути позитивним.

Другий критерій є очевидним за змістом, так як при негативних коефіцієнтах **a** і **b** рівняння не має логічного сенсу.



За результатами проведеного регресійного аналізу енергоменеджер повинен зробити висновки:

- чи має місце взаємозв'язок між витратами палива і кількістю градусодіб;
- яка щільність (на підставі значень коефіцієнта детермінації R^2) взаємозв'язку;
- причини наявності/відсутності такого взаємозв'язку.

Наприклад, з наведеної залежності на мал. , можна зробити такі висновки:

▪ Результати проведеного регресійного аналізу показують, що значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,910$ за наведеною котельній, який характеризує якість взаємозв'язку фактора (градусодіб) і функції (витрата природного газу) в рівнянні регресії, перевищує критичне значення (для даної кількості змінних і статистичних значень дорівнює 0,13).

▪ Дані аналізу для котельні в січні 2010 року свідчать про те, що при значенні температури зовнішнього повітря $+11^\circ\text{C}$ (9 градусодіб) витрата природного газу має значну амплітуду від 19130 до 24779 нм^3 . При значенні градусодіб від 17,5 до 19,8 витрата газу має значення близько 40 000 нм^3 . Ці дані говорять про невиконання персоналом котельні температурного графіка відпуску теплової енергії на потреби опалення. Відсутність постійного контролю та аналізу за споживанням палива залежно від погодних умов призводить до нераціонального використання газу, що видно з наведеної залежності.

▪ Застосування автоматизованої системи контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ) дозволить персоналу підприємства ЦСТ своєчасно виявляти факти нераціонального використання палива і вживати заходів щодо його усунення.



Заходи по підвищенню ефективності використання палива та їх оцінка економії

1. Зниження підсмоктування повітря по газоповітряному тракту котла на 10% - +0,5%.
2. Установка водяного поверхневого економайзера за котлом - +5-6%.
3. Застосування вакуумного деаератора - +1%.
4. Застосування за котлами установок глибокої утилізації тепла, установок використання прихованої теплоти пароутворення відхідних газів - +15%.
5. Зниження коефіцієнта витрати повітря за котлом на 0,1 - +0,7%.
6. Зниження температури відхідних газів на 10°C - +0,6%.
7. Підвищення температури живильної води на вході в барабан котла на 10°C - +2%.
8. Зниження температури живильної води на вході в ВЕ на 10°C - +0,23%.
9. Підігрів живильної води в ВЕ на 6°C - +1%.
10. Зниження продувки котла проти нормативних значень на 1% - +0,3%.
11. Установка обдувочного апарату для очистки зовнішніх поверхонь нагріву - +2%.
12. Зниження накипу на внутрішніх поверхнях нагріву на 1 мм - +2%.
13. Переведення роботи парових котлів в водогрійний режим - +2%.
14. Заміна 1 тони хімоочищеної води повернутим в теплову схему конденсатом - +20 кг у. п.
15. Забір повітря з верхньої зони котельного залу на кожні 1000 м³ газоподібного палива – 17 кг у. п.
16. Очищення внутрішньої поверхні нагріву котла від накипу на 1 мм – 2%.



ЗПЕ “Підвищення ефективності роботи котла за рахунок підвищення температури повітря перед пальниками”

Опис заходу

На котельні встановлені два котлоагрегати ДКВР-10-13. Для покриття потреб підприємства у парі в роботі знаходяться один котлоагрегат, а другий - у резерві. При проведенні енергетичного аудиту по даним обробки інструментальних вимірів експлуатація котла ст. № 1 велась з наступними техніко-економічними показниками:

- паропродуктивність – 10,2 т/год;
- теплопродуктивність – 5,881 Гкал/год;
- температура повітря на згорання - 32°C;
- температура відхідних газів - 149°C;
- коефіцієнт надлишку повітря – 1,71;
- ККД по зворотному балансу – 90,67%;
- питома витрата умовного палива – 157,6 кг у.п./Гкал.

Для підвищення ефективності використання палива (природного газу) енергоаудиторами було запропоновано встановити після водяного економайзера (ВЕ) повітряпідігрівач (ПП) з метою використання теплового потенціалу відхідних газів для нагріву повітря, що надходить на пальники.



№ з/п	Найменування параметру	Розмірність	ДКВР-10-13 ст. №1 без ПП	ДКВР-10-13 ст. №1 з ПП
1.	Витрата пари	т/год	10,20	10,40
2.	Тиск пари в барабані котла	кгс/см ²	13,00	13,00
3.	Витрата продувочної води	т/год	0,694	0,676
4.	Температура живильної води	°С	96	96
5.	Теплопродуктивність	Гкал/год	5,881	5,993
6.	Теплота згорання газу	ккал/м ³	8250	8189
7.	Температура повітря: за ДВ за ПП	°С	32 -	33 73
8.	Концентрація в продуктах згорання перед ДС: діоксиду вуглецю; кисню; оксиду вуглецю;	% % ppm	6,6 9,2 0	6,4 9,6 0
9.	Коефіцієнт надлишку повітря перед ДТ	-	1,71	1,76
10.	Температура відхідних газів:	°С	149	113
11.	Втрати тепла з відхідними газами	%	7,66	5,36
12.	Втрати тепла від хімнедопалу	%	0,00	0,00
13.	Втрати тепла у навколишнє середовище	%	1,67	1,63
14.	ККД бруто котла	%	90,67	93,01
15.	Питома витрата умовного палива	кг у.п./Гкал	157,6	153,6



Як видно з наведених результатів впровадження даного заходу коефіцієнт корисної дії підвищився з 90,67% до 93,01%.

Розрахунок річної економії енергії

При споживанні в 2006 році 5293 тис. нм³ природного газу річна економія палива від впровадження даного заходу складе:

$$5293 \times (93,01 - 90,67)/100 \approx 124 \text{ тис. нм}^3.$$

Розрахунок річної економії витрат

При ціні природного газу 1045 грн. за 1000 нм³ (за даними вересня 2007) економія витрат на газ складе:

$$124 \times 1045 \approx 130 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на впровадження

Вартість повітряпідігрівача - 100000 грн.

Матеріали - 20000 грн.

Монтажні роботи - 50000 грн.

РАЗОМ: - 170000 грн.

Оцінка простої окупності

Витрати на впровадження- 170000 грн.

Річна економія витрат- 130000 грн.

Проста окупність заходу складе:

$$170000 / 130000 \approx 1,3 \text{ року.}$$



ЗПЕ “Реконструкція котелень з заміною котлів НІІСТУ-5”

Опис заходу

В існуючий час на деяких котельнях МКП «Херсонтеплоенерго» встановлені водогрійні котли НІІСТУ-5. Їх техніко-економічні показники не відповідають сучасним вимогам з ефективного використання теплової енергії спаленого природного газу.

Результати обробки статистичних даних по споживанню палива (середнє ККД котрих не перевищує 80%) котельнями з котлами типу НІІСТУ-5 по даним теплостачальних підприємства МКП «Херсонтеплоенерго» у 2013 році наведені у таблиці 1.

Для зниження споживання природного газу пропонується замінити котли на приведених вище котельнях підприємств МКП «Херсонтеплоенерго» на сучасні котли «КОЛВІ» з номінальною тепловою потужністю, яка відповідає розрахунковим тепловим навантаженням на опалення. Коефіцієнт корисної дії цих котлів не нижче 93%. При цьому вони повинні постійно нести теплове навантаження, а частина старих котлів НІІСТУ-5 знаходиться у резерві.



Таблиця 1

**Показники роботи малих котельень з котлами НІСТУ-5
МКП «Херсонтеплоенерго»**

№ з/п	Адреса котельні	Тип котла	Кількість	Приєднане навантаження котельні, Гкал/год.	Виробітка тепла, Гкал	Витрати газу, тис.м ³	Середній ККД котлів, %
1.	вул. Макарова, 161	НІСТУ-5	2	0,604	985,1	170,368	71,25
2.	пр. Ушакова, 12	НІСТУ-5	5	1,643	1767,44	305,231	71,36
3.	вул. Суворова, 4	НІСТУ-5	5	1,664	2375,44	327,481	89,39
4.	вул. Комунарів, 17	НІСТУ-5	5	2,043	2306,50	399,517	71,14
5.	вул. Горького, 25	НІСТУ-5	2	0,170	322,88	49,877	79,77
6.	вул. Нестерова, 1а,	НІСТУ-5	2	0,750	1103,17	170,797	79,59
7.	вул. 40 років Жовтня, 3	НІСТУ-5	5	1,650	2549,84	396,359	79,27
8.	вул. 40 років Жовтня, 17	НІСТУ-5	6	3,193	5256,82	834,049	77,67
9.	вул. 40 років Жовтня, 25	НІСТУ-5	6	1,444	2265,79	329,481	84,74
10.	Кіндійське шосе, 32а	НІСТУ-5	4	1,049	1796,18	264,871	83,57
11.	вул. Пугачова, 3	НІСТУ-5АГ	4	2,551	3889,43	542,036	88,42
12.	вул. Піонерська, 3	НІСТУ-5	4	2,055	3612,13	566,258	78,61
13.	вул. К.Маркса, 114	НІСТУ-5	3	1,762	3167,27	496,832	78,56
Всього:			53	20,578	31397,99	4853,16	79,72 ³⁷



Нижче у таблиці 2 наведено перелік котлів, які пропонується до встановлення на вище вказаних котельнях.

Таблиця 2

**Перелік та вартість запропонованих до встановлення котлів «КОЛВІ»
на котельнях МКП «Херсонтеплоенерго»**

№ з/п	Адреса котельні	Марка котла (кількість, шт.)	Потужність котла, Гкал/год.	Загальна вартість котлів, тис. грн
1.	вул. Макарова, 161	«Колві-600», (1)	0,6	200,00
2.	пр. Ушакова, 12	«Колві-1300», (1) «Колві-440», (1)	1,12 0,44	475,00
3.	вул. Суворова, 4	«Колві-1300», (1) «Колві-440», (1)	1,12 0,44	475,00
4.	вул. Комунарів, 17	«Колві-1000», (2)	0,95	560,00
5.	вул. Горького, 25	«Колві-200», (1)	0,2	110,00
6.	вул. Нестерова, 1а	«Колві-500», (1) «Колві-250», (1)	0,5 0,25	300,00
7.	вул. 40 років Жовтня, 3	«Колві-1300», (1) «Колві-440», (1)	1,12 0,44	475,00
8.	вул. 40 років Жовтня, 17	«Колві-1300», (3)	1,12	900,00
9.	вул. 40 років Жовтня, 25	«Колві-1300», (1)	1,12	300,00
10.	Кіндійське шосе, 32а	«Колві-500», (2)	0,5	360,00
11.	вул. Пугачова, 3	«Колві-1300», (2)	1,12	600,00
12.	вул. Піонерська, 3	«Колві-1000», (2)	0,95	560,00
13.	вул. К.Маркса, 114	«Колві-1300», (1) «Колві-600», (1)	1,12 0,6	500,00
Всього:				5815,00



Розрахунок річної економії енергії

При впровадженні запропонованого заходу економія палива складе:

$$4853,16 - 4853,16 \times 79,72 / 93 \approx 693 \text{ тис. нм}^3,$$

де: 4853,16 – споживання природного газу котлами НІСТУ-5 у 2013 році, тис.м³;
79,72 – середнє ККД котлів НІСТУ-5, %;
93 – ККД котлів «Колві», %.

Розрахунок річної економії витрат

При середній вартості природного газу 1670 грн. за 1000 нм³ (з ПДВ) економія витрат на природний газ складе:

$$693 \times 1670 \approx 1160 \text{ тис. грн.}$$

В разі невиконання даного заходу підприємство може отримати штрафні санкції у 2-кратному розмірі від вартості нерационально витраченого палива у розмірі 2320 тис. грн.

Загальна економія витрат складе:

$$1160 + 2320 = 3480 \text{ тис. грн.}$$



Витрати на впровадження

Проектні роботи	- 500 тис. грн.
Вартість котлів	- 5815 тис. грн.
Обладнання	- 1500 тис. грн.
Монтажні роботи	- 3000 тис. грн.
Наладка	- 400 тис. грн.
РАЗОМ:	- 11215 тис. грн.

Оцінка простої окупності

Витрати на впровадження	- 11215 тис. грн.
Річна економія витрат	- 3480 тис. грн.

Проста окупність заходу складе:

$11215 / 3480$ 3,2 року.



USAID
ВІД АМЕРИКАНСЬКОГО НАРОДУ

МУНІЦИПАЛЬНА ЕНЕРГЕТИЧНА
РЕФОРМА В УКРАЇНІ

Дякую за увагу
Спасибо за внимание
Thank you for your attention