

8. Аналіз ефективності використання енергії на об'єкті

Після закінчення обстеження енергоспоживання на об'єкті енергоаудитор приступає до аналізу використання енергії. Аналіз містить таблиці, графіки і короткий коментар.

Аналіз має на меті вирішити такі питання:

1. Розрахувати обсяг споживання енергії різними споживачами в межах об'єкту.
2. Розподілити фінансові видатки на енергію пропорційно між всіма споживачами.
3. Порівняти енергоспоживання з випуском продукції.
4. Визначити відхилення від норми щодо споживання енергії (тобто неочікувано високі чи низькі рівні споживання, або помилково визначене споживання під час регресивного аналізу).

Ця інформація дуже важлива для замовників аудиту, оскільки вона підтверджує чи ставить під сумнів усталену думку про розміри енергоспоживання в межах об'єкту. Особливо важливим є той факт, що ця інформація підготовлена професійними енергетичними консультантами, які оглянули на об'єкт "свіжим поглядом".

Іноді в процесі аналізу виявляються відхилення від норми. Відхилення можуть бути зумовлені невірними рахунками постачальників палива, в таких випадках інколи можна добитися повернення грошей. В інших випадках можуть бути виявлені відхилення від норм, викликані зловживаннями у використанні енергії. В такій ситуації аудитор зобов'язаний чітко окреслити цю негативну практику, спонукаючи менеджмент підприємства вжити відповідних заходів для усунення таких ексцесів.

8.1. Елементи аналізу ефективності енерговикористання

Для досягнення згаданих вище цілей енергоаудитор використовує всі або лише частину з таких елементів:

- звіт про річну закупівлю палива та енергії;
- графік регресивного аналізу;
- таблицю енергоаудиту;
- коефіцієнти вартості палива;
- діаграму $C_{енк}$;
- кругові діаграми енергоспоживання.

Звіт про закупівлю палива та енергії протягом року звичайно подають в табличній формі. Таблиці складають на підставі щомісячних рахунків постачальників палива та енергії, вони містять всю необхідну технічну і фінансову інформацію (таблиці 8.1 - 8.2).

Таблиця 8.1 Споживання палива (енергії)

Місяць, рік	Види палива (енергії)					
	Електроенергія, кВт*год	Природн. газ, м ³	Дизельне пальне, т	Паливний мазут, т	Скраплений газ, кг	Кокс
Січень	531900	0	42,99	158,19	2300	0
Лютий	9952100	0	266,67	1004,44	81800	291,4
Березень	11167800	0	264,87	1046,30	31500	299,8
Квітень	7884000	0	208,72	777,28	25700	303,1
Травень	11237200	0	178,63	1075,05	21500	329,1
Червень	8527200	0	232,91	633,16	20800	314,9
Липень	3810400	161100	84,62	245,68	13800	91,6
Серпень	9301300	297800	213,25	657,67	22800	284,3
Вересень	10907900	360000	139,40	683,42	23300	370,9
Жовтень	4401000	256300	238,21	525,99	24500	95,0
Листопад	8394300	339100	204,62	650,00	34500	320,0
Грудень	11396300	418600	266,75	804,86	33600	338,5
Разом	97514400	1832900	2301,62	8280,91	286100	3038,6

Таблиця 8.2 Видатки на оплату палива (енергії), тис. грн.

Місяць, рік	Види палива (енергії)					
	Електроенергія, кВт*год	Природн. газ, м ³	Дизельне пальне, т	Паливний мазут, т	Скраплений газ, кг	Кокс
Січень	108,04	0	69,61	91,71	4,52	0
Лютий	2021,47	0	431,80	582,30	160,59	124,25
Березень	2268,40	0	428,89	606,56	61,84	127,83

Квітень	1601,40	0	337,97	450,61	50,45	129,24
Травень	2282,50	0	289,25	623,23	42,21	140,33
Червень	1732,05	0	377,14	367,06	40,83	134,27
Липень	773,97	72,43	137,02	142,43	27,09	39,06
Серпень	1889,28	133,89	345,30	381,27	44,76	121,22
Вересень	2215,61	161,86	225,72	396,19	45,74	158,15
Жовтень	894,54	115,23	385,64	304,93	48,10	40,51
Листопад	1705,05	152,46	331,33	377,13	67,73	136,45 6
Грудень	2314,87	188,20	431,93	466,58	65,96	144,34
Разом	19807,13	824,07	3791,60	4800,62	561,67	1295,6 5

Дані таблиці 8. незручні для порівняння, оскільки кількість спожитих енергії та енергоносіїв подані в своїх "природних" одиницях вимірювання. Тому ці дані зводять до однієї спільної одиниці вимірювання енергії, найчастіше - кВт*год (ГДж) і співставляють з вартістю відповідних енергоносіїв (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 Споживання палива (енергії) і його вартості

Паливо (енергія)	Коефіцієнти перерахунку в кВт*год	Енергет. еквівалент в кВт*год	% енергії	Вартість, грн.	% вартості	Питома вартість, грн./кВт*год
Електроенергія	1	97514400	36,69	19807130	63,72	0,203
Природний газ	10,8 кВт*год/м ³	19795320	7,44	824070	2,65	0,042
Дизельне пальне	11,7 кВт*год/кг	26928954	10,13	3791600	12,20	0,141
Паливний мазут	11,3 кВт*год/кг	93574283	35,21	4800625	15,45	0,051

Скраплений газ	12,8 кВт*год/кг	3662080	1,38	561670	1,81	0,153
Кокс	8,0 кВт*год/кг	24308800	9,15	1295655	4,17	0,053
Разом		265783837	100,00	31080750	100,00	

Як видно з таблиці 8.3 за рахунокливого мазуту покривається біля 35% всіх потреб в енергії, а його вартість становить лише 15,45% від загальних видатків.

Приблизно таку ж частку потреб покриває електроенергія, але видатки на її оплату становлять майже 64% всіх видатків на оплату енергії.

З аналізу таблиці випливає перший важливий висновок: слід ретельно обстежити споживання найдорожчого виду енергії, а саме, електроенергії і пропонувати заходи з його скорочення чи заміни, в разі можливості, електроенергії енергією, одержуваною з палива.

Повніша інформація необхідна у випадку дії складної системи тарифів оплати за спожиту енергію.

Нижче в **таблиці 8.4** наведено приклад такої розширеної інформації стосовно споживання електроенергії. В прикладі використана технічна інформація, що містить дані про щомісячне споживання електроенергії (в кВт*год і ГДж), про максимальне навантаження (кВА). і коефіцієнт потужності ($\cos \phi$), фінансова інформація ділить загальну вартість оплати на компоненти. У прикладі використана складна система оплати за використану електроенергію, яка містить сталу складову за договірну максимальну потужність (колонка 6), плату за перевищення цієї потужності (колонка 7, на зимові місяці встановлене нижче значення договірної потужності) та плата власне за спожиту електроенергію (колонка 8).

Таблиця 8.4 Звіт про річне придбання електроенергії

Місяць	Споживання		Макс на-вант., кВА	Коеф. поту жн. ($\cos \phi$)	Стала оплата , грн	Оплата за макс. навант., грн.	Вартість електро-енергії, грн.	Загальна вартість, грн.
	кВт*год	ГДж						
04/97	13100	47,16	85	0,976	725,0	-	5281,90	6006,90
05/97	11900	42,84	82	0,976	725,0	-	4798,10	5523,10

06/97	12800	46,08	90	0,975	725,0	-	5161,00	5886,00
07/97	9600	34,56	85	0,980	725,0	-	3870,7	4595,70
08/97	12900	46,44	92	0,965	725,0	-	5201,30	5926,30
09/97	14200	51,12	96	0,955	725,0	-	5725,4	6450,40
10/97	15800	56,88	98	0,948	725,0	-	6370,60	7095,60
11/97	15900	57,24	98	0,948	725,0	2200,00	6410,90	9335,90
12/97	14600	52,56	98	0,955	725,0	5280,00	5886,70	11891,70
01/98	18100	65,16	101	0,921	725,0	5460,00	7297,90	13482,90
02/98	19300	69,48	100	0,931	725,0	2250,00	7781,80	10756,80
03/98	15600	56,16	90	0,965	725,0	-	6289,90	7014,90
Разом	173800	625,68	-	-	8700,00	1519000	70076,20	93966,20

Для розрахунку в енергоаудиті можливих фінансових заощаджень визначені такі питомі видатки на оплату електроенергії:

- середні видатки - 0,54 грн./кВт*год (150,18 грн./ГДж);
- видатки без сталої оплати-0,49 грн./кВт*год (136,29 грн./ГДж);
- видатки без сталої оплати та оплати за максимальне навантаження - 0.40 грн./кВт*год (112 грн./ГДж).

Ця інформація дає основу для розрахунку фінансових заощаджень від впровадження заходів заощадження енергії. Слід враховувати можливе фінансове заощадження за рахунок зменшення максимального навантаження (особливо в зимові місяці) та зменшення сталої складової оплати у випадку одержання обґрунтованих підстав для переукладення договору з електропостачальною організацією на нижчу максимальну потужність. Обчислення заощаджень за середніми видатками на одиницю енергії - типова помилка неосвідчених енергоаудиторів.

Під час аналізу та у звітах з енергоаудиту застосовують два види графіків:

- графік зміни енергоспоживання в часі (так званий лінійний графік енергоспоживання), на якому крім помісячного енергоспоживання можуть бути нанесені дані про температуру навколишнього середовища та інші фактори, що впливають на споживання енергії (рис.8.1.а)
- графік регресивного аналізу (рис.8.1.б).

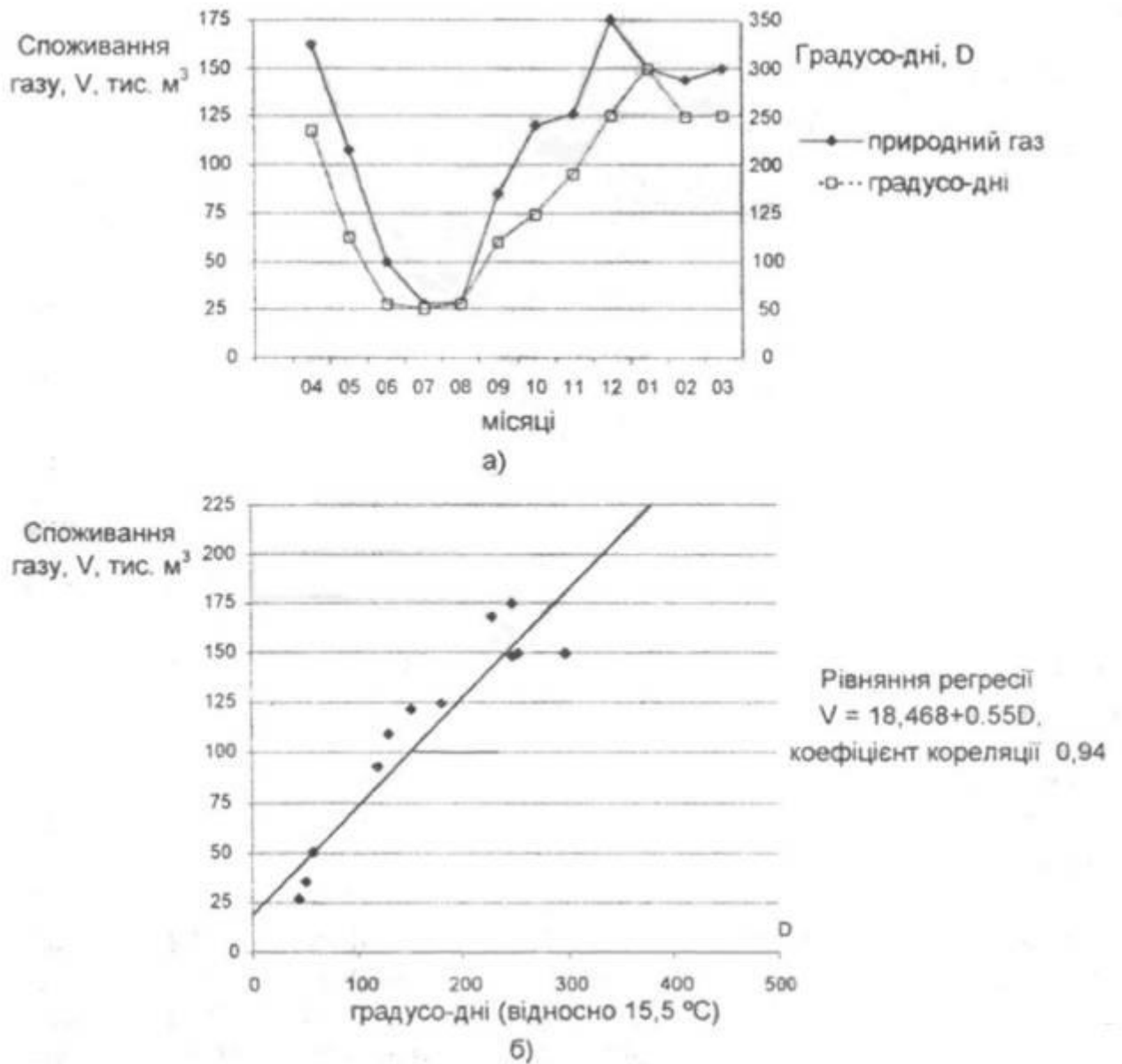


Рис.8.1. Помісячний графік споживання а) та графік регресивного аналізу б)

На рис.8.1.а як приклад наведений помісячний графік споживання газу опалювальною системою та показник зовнішньої температури - градусо-дні. Чим нижча температура оточуючого середовища, тим більше градусо-днів. Графік ілюструє вплив погодних умов на споживання газу. Зокрема, спостерігається анамалія в грудні і січні, хоч градусо-днів навпаки, в січні більше ніж у грудні. Це може бути зумовлено тим, що зчитування показів лічильника за грудень у зв'язку з новорічними святами і Різдвом було відкладено на початок січня.

Графік рис.8.1.б показує результат регресивного аналізу залежності між споживанням енергії і незалежною змінною, в даному випадку, між споживанням газу на опалення і градусо-днями. На основі регресивного аналізу визначене базове споживання (18468 м³ газу) і швидкість наростання змінного

споживання (550,0 м³/градусо-день), а також коефіцієнт кореляції. В нашому випадку має місце досить тісна кореляція з коефіцієнтом, рівним 0,94

В таблиці енергоаудиту всі види енергії і всі види палива, одержані об'єктом, діляться між певними групами енергоспоживачів. Фінансові видатки в таблиці ділять пропорційно до цього енергоспоживання. Енергоспоживання кожним користувачем подають в тих одиницях, які використовують під час придбання цієї форми енергії чи енергоносія, а також в єдиних одиницях, що дозволяє порівняти між собою використання різних видів енергії. Таблиця ілюструє також частку споживання і частку вартості енергії для кожного споживача.

Приклад таблиці енергоаудиту наведено нижче (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 Таблиця енергоаудиту

Споживання	В натур. одиницях вимірюв.	В спільних одиницях вимірюв., ГДж	Вартість, грн.	Частка споживання, %	Частка вартості, %
Електроенергія (кВт*год)					
Внутрішнє освітлення	115340	415,22	49079,00	7,1	15,9
Зовнішнє освітлення	15811	56,92	6727,90	1,0	2,2
Котельня	18905	68,06	8044,70	1,2	2,6
Кухня	62115	233,61	26430,70	3,8	8,6
Пральня	81304	292,69	34596,00	5,0	11,2
Помпування води	96108	345,99	40896,00	6,0	13,2
Різне офісне обладнання	32116	115,62	13666,30	2,0	4,4
Разом	421699	1518,11	179440,60	26,1	58,1
Газ (м³)					

Опалення приміщень	67121,1	2611,01	78591,40	44,9	25,4
Гаряча вода комунально-побутового призначення	6270,4	243,92	7342,00	4,2	2,4
Кухня	15458,1	601,32	18099,77	10,3	5,9
Пральня	18139,0	705,61	21238,90	12,2	6,9
Втрати розподілу	3397,7	132,17	3978,30	2,3	1,3
Разом	4294,03	4294,03	129250,30	73,9	41,9
Підсумок	5812,14	5812,14	308690,90	100,0	100,0

Вартість спожитої конкретним приймачем енергії визначалась як добуток вартості одиниці електроенергії чи газу на кількість спожитих електроенергії чи газу. Колонка "вартість" показує скільки підприємство сплачує за кожен вид спожитої конкретним споживачем енергії. Колонка "частка споживання" та "частка вартості" ілюструють значення кожного споживача в загальній кількості використаної енергії. Можна зауважити, то "частка вартості" електроенергії вища її "частки споживання", а для газу - навпаки. Це пояснюється вищою вартістю електроенергії порівняно з газом.

Під час аналізу розглядається споживання енергії всередині об'єкту, а отже не приймаються до уваги втрати, пов'язані з виробленням енергії на електростанції і пересиланням її споживачеві. В деяких державах ці втрати традиційно включають в енергоаудит шляхом ділення фактично спожитої об'єктом енергії на середній національний коефіцієнт вироблення і розподілу електроенергії (приблизно від 25% до 35% в більшості країн).

Зауважимо, що у даному прикладі (табл. 8.5) всі втрати, пов'язані зі спалюванням газу в котлі, розподілені між кінцевими споживачами, тобто домовими системами гарячого водопостачання і районними опалювальними системами. Можливо також виділити окремим рядком втрати час спалювання (наприклад, за рахунок викидів а атмосферу через димову трубу).

Коефіцієнти вартості палива і енергії співвідносять споживання і вартість енергії з обсягом виробництва, зовнішньою температурою, розмірами будівлі, тобто з факторами, від яких залежить обсяг енергоспоживання. Таким чином,

коефіцієнт вартості палива і енергії є простими показниками роботи. Ці показники використовують, як інформацію про вартість енергії, що спожита в певних зонах. Їх також використовують для порівняння ефективності використання енергії на кількох однотипних об'єктах.

Приклад типових коефіцієнтів вартості палива наведений в таблиці 8.6

Таблиця 8.6 Коефіцієнти вартості палива

Назва коефіцієнту	Кількісне значення
Енергія для освітлення 1 м ²	19,46 кВт*год (0,070 ГДж)
Вартість енергії 1 м ²	8,05 грн.
Паливо, необхідне для опалення 1 м ² приміщень	1,68 ГДж
Вартість палива для опалення 1 м ² приміщень	50,60 грн.
Паливо, необхідне для забезпечення гарячою водою комунально-побутового призначення (ГВКПП) (1 особа)	10,2 ГДж
Вартість палива для забезпечення ГВКПП (1 особа)	307,6 грн.
Паливо, необхідне для приготування 1 страви	0,006 ГДж
Вартість палива для приготування 1 страви	0,32 грн.
Паливо необхідне для прання 1 комплекту одягу	0,005 ГДж
Вартість палива для прання 1 комплекту одягу	0,25 грн.
Разом палива, що споживається на 1 м ²	2,10 ГДж
Вартість палива, що споживається на 1 м ²	94,5 грн.
Разом палива, що споживається на 1 м ³	6,3 ГДж
Вартість палива, що споживається на 1 м ³	283,5 грн.
Загальна огорожена площа приміщень	42000 м ²
Загальний огорожений об'єм будівель	126000 м ³
Кількість споживачів	800

Річна кількість приготованих страв	584000
Річна кількість випраних комплектів одягу	166400

Під час обстеження одного з офісів (майже нового будинку з доброю тепловою ізоляцією та її системою кондиціонування повітря) встановлено, що на опалення витрачається майже вдвічі більше енергії, ніж це потрібно було б за доброго рівня енерговикористання. Однією з причин було цілодобове підтримання температури в офісі на рівні 21°C. Переналаштування регулятора системи кондиціонування повітря на підтримання в позаробочий час температура 16°C дозволило зменшити споживання енергії па опалення на 30% фактично з нульовими видатками.

Діаграма Сенкі - не графічне зображення потоків енергії, в якому товщина різних елементів діаграми пропорційна відповідній кількості енергії. Деякі діаграми Сенкі відображають циклічний рух енергопотоків. наприклад, повернення конденсату в котельню. Приклад діаграми Сенкі наведений на рис.8.2

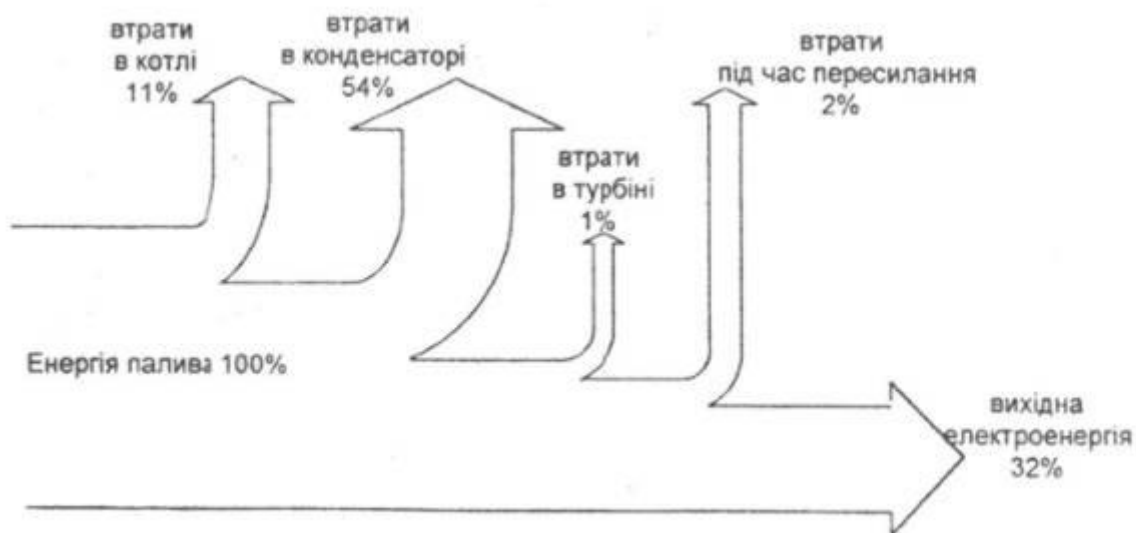


Рис.8.2. Діаграма Сенкі

Крім діаграми Сенкі в енергоаудиті використовуються кругові діаграми, за допомогою яких можна графічно зобразити споживання енергії як в натуральних, так і у відносних, одиницях. Приклад кругової діаграми наведений на рис.8.3



Рис.8.3. Кругова діаграма

Контрольні питання:

1. Види діаграм, що застосовуються в енергоаудиті
2. Таблиця енергоаудиту
3. Коефіцієнти вартості палива