

ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВИРОБНИЧИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІДПРИЄМСТВА

Існуючий метод контролю енергоспоживання виробничими підрозділами підприємств, що виявляється в реєстрації абсолютних значень спожитої енергії за допомогою лічильників енергії, не дозволяє систематично контролювати енергоефективність виробничого процесу та своєчасно реагувати на нераціональне використання енергії [1]. Тому одночасно з реєстрацією показань лічильників необхідно фіксувати обсяги виробленої продукції та визначати питомі витрати енергії (витрати на одиницю виробленої продукції). Співставлення планових і фактичних показників питомих витрат енергії [2, 3] дозволить контролювати ефективність споживання енергії протягом певних проміжків часу, а керівник підрозділу, маючи таку інформацію, зможе впливати на процес енергоспоживання та покращувати енергоефективність свого підрозділу. Для цього необхідно створити універсальну комп'ютерну програму, яка може бути впроваджена на будь-якому виробничому підприємстві з метою зниження витрат енергії на виконання технологічних операцій [1].

Таким чином, метою роботи є розробка принципу вимірювання та контролю рівня споживання енергії структурними підрозділами підприємства та створення на його основі комп'ютерної програми, що суттєво покращить умови контролю та дозволить зменшити витрати енергії.

Комп'ютерна програма з робочою назвою «Енергоефективність», призначена для контролю енергетичної ефективності роботи підприємства або його виробничих підрозділів і виконана в середовищі Excel (електронні таблиці) на 11 робочих аркушах однієї робочої книги. Програма може працювати в автономному режимі (уведення вихідних даних здійснюють в ручному режимі) або в режимі підключення до вихідних даних, формованих комп'ютерною системою обліку електроспоживання підприємства. У цьому випадку в системі обліку мають бути сформовані таблиці вихідних даних для роботи програми «Енергоефективність». Крім того, повинно виконуватися зв'язування робочих книг цих програмних продуктів.

Структура програми та принцип контролю енергоефективності такі. Перші три робочих листа програми «Now_day», «Month_1», «Month_2» містять три таблиці, кожна з яких заповнюється щоденними даними виготовлення продукції та відповідними значеннями витрати електроенергії. Таблиця «Now_day», зображена на рис. 1, містить поточні значення цих параметрів, а таблиці «Month_1» та «Month_2» – значення параметрів за попередні місяці (рис. 2 і 3).

Час (го)	Енергоспоживання	Довідача	Витрати
1	51925,1	5827,87	
2	53387	5780,2	
3	81090	5817,84	
4	43092	5107,25	
5	4581,9	3726,84	
6	82030	8008	
7	100500	5008	
8	42621,3	4925,89	
9	34036	8008	
10	58899,8	5857,34	
11	43749,1	5295,52	
12	120000	4885,41	
13	110000	1008	
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			

Рис. 1. Загальний вигляд робочого листа «Now_day»

При заповненні таблиць враховується кількість днів у кожному місяці. При повному заповненні першої таблиці чисельні значення параметрів цієї таблиці автоматично переміщуються в другу, другої – в третю.

Попередні дані третьої таблиці ліквідуються. Таким чином у другій та третій таблицях формуються дані для побудови регресійної залежності, що відбиває планові показники енергоспоживання підприємства (або підрозділу підприємства) і обсяги виготовлення продукції.

Робочий лист «Selection», зображений на рис. 2, містить таблицю, що дозволяє вибрати один з варіантів побудови регресійної залежності: за результатами попереднього місяця (другої таблиці); за більш ранніми результатами, відповідними третій таблиці вихідних даних; за спільними результатами (другої та третьої таблиць). При цьому прагнуть отримати найбільш вузьку зону довірчого інтервалу для використання регресивної залежності. Для цього доцільно встановлювати мінімальне значення похибки контролю. У відповідній клітинці таблиці встановлюють значення «1». Інші клітинки пустують. При порівняно малих значеннях похибки контролю (до 10%) для розглянутих варіантів доцільно побудувати регресійну залежність за даними другої таблиці (попереднього місяця).

Місяць	Month 1	Month 2	Month 1+Month 2
Мінімальна похибка Контролю ε, %	14.3203325	10.6020996	24.9224321
Index			1

Рис. 2. Загальний вигляд робочого листа «Selection»

Коливання показників добового видобутку продукції і відповідних значень енерговитрат реєструються у вигляді графіків, представлених на робочому листі «Graphs» (рис. 3), за якими можна судити про стабільність технологічного процесу та показників енергоспоживання в попередніх місяцях («Month_1», «Month_2»). Програма забезпечує відсів вихідних даних, які записані помилково (наприклад, при збої в роботі датчиків енергоспоживання). У цьому випадку на залежностях листа «Graphs» з'являються нульові значення обсягу видобутку та енергоспоживання. Вони не враховуються при побудові регресійної залежності.

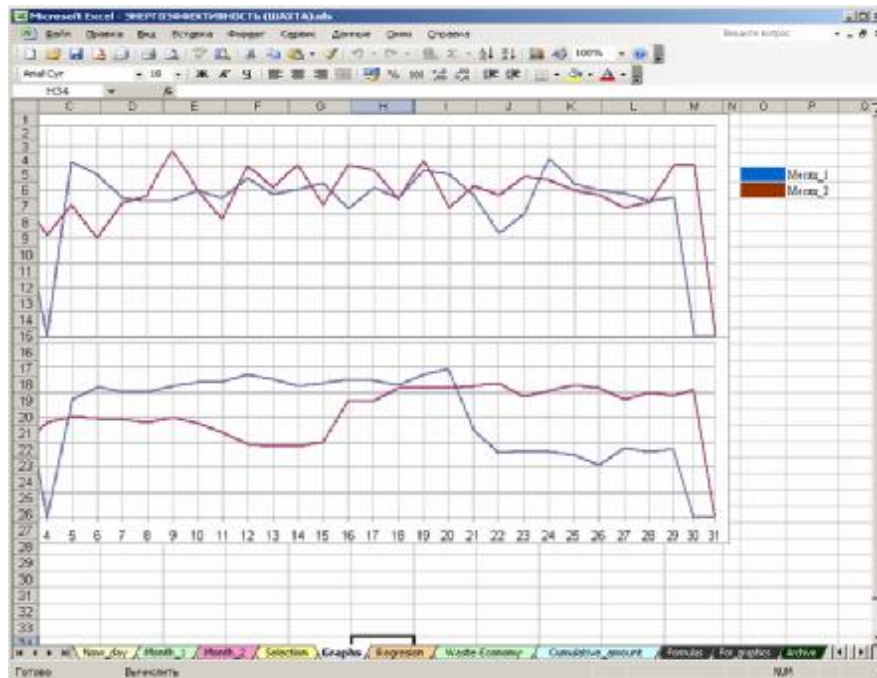


Рис. 3. Загальний вигляд робочого листа «Graphs»

Робочий лист «Regression» (рис. 4) ілюструє побудовану регресійну залежність (пряма лінія, що знаходиться в центрі довірчої області, обмеженої відрізками прямих ліній). У вигляді точок на аркуші наведені значення параметрів (добового видобутку і енергоспоживання), відповідні поточним (щоденним) показникам, узятим з першої таблиці. При виході добових показників за межі довірчої області роблять висновок про перевищення планових показників енерговитрат (точка розташована вище довірчої області) або про економію електроенергії (точка розташована нижче довірчої області). Якщо точка розташована в довірчій області, то роблять висновок про те, що енергоспоживання знаходиться в межах норми.

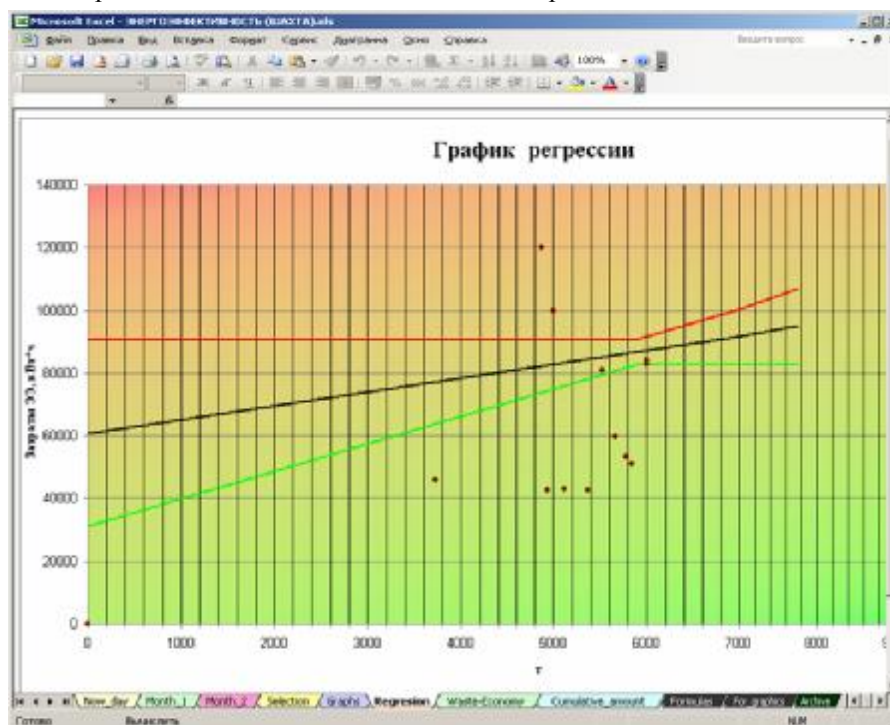


Рис. 4. Загальний вигляд робочого листа «Regression»

Ступінь перевищення енерговитрат або їх економії оцінюється в кВт*год, а також у відсотках (щодо рівня довірчого інтервалу). Ці показники ілюструє робочий лист «Waste – Economy» (рис. 5).

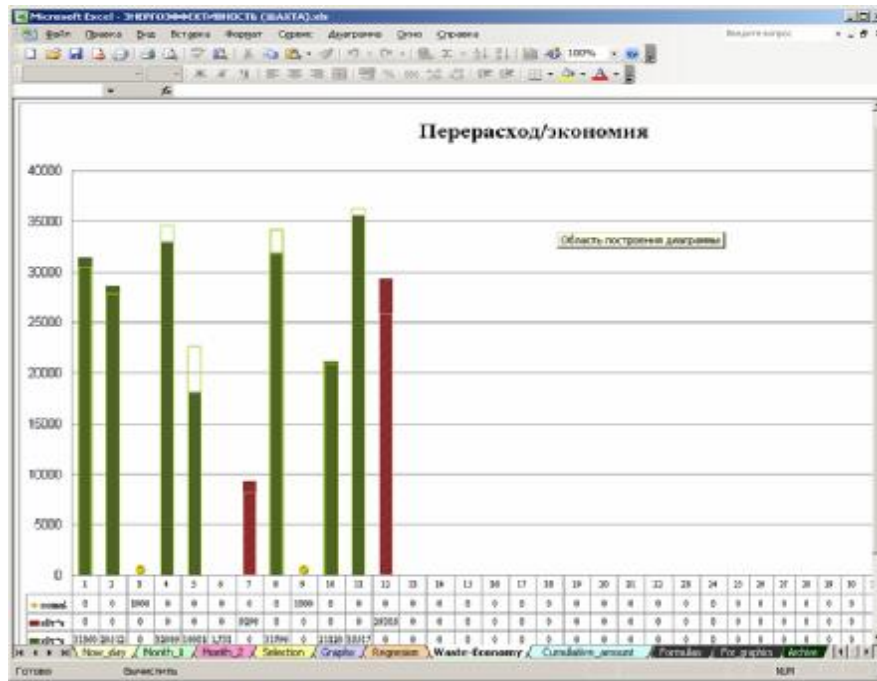


Рис. 5. Загальний вигляд робочого листа «Waste – Economy»

Таким чином, користувач програми має можливість щоденно оцінювати енергоефективність роботи підприємства або його підрозділів. В останньому випадку в таблиці вихідних даних вводять показники енерговитрат окремих структурних підрозділів. Кожному структурному підрозділу відповідає окрема програма «Енергоефективність». Питома витрата електроенергії, наприклад, кВт-год/тонну, може бути розрахований безпосередньо виходячи з регресійної залежності (плановий показник), а також виходячи з фактичних значень, що відповідають точкам на графіку. З'ясування причин нерационального використання електроенергії, а також передача досвіду її економії дозволить здійснювати керування процесом енергоспоживання підприємства та, в кінцевому рахунку, забезпечить максимально можливу відповідно до умов виробництва енергоефективність.

Результати щоденного контролю енергоспоживання підприємства (цифри перевитрати, економії) можуть бути узагальнені шляхом підсумовування з урахуванням знака («+» відповідає економії, а «-» – перевитратам) протягом місяця. Таким чином, будується графік кумулятивної суми (робочий лист «Cumulative_amount», зображений на рис. 6).

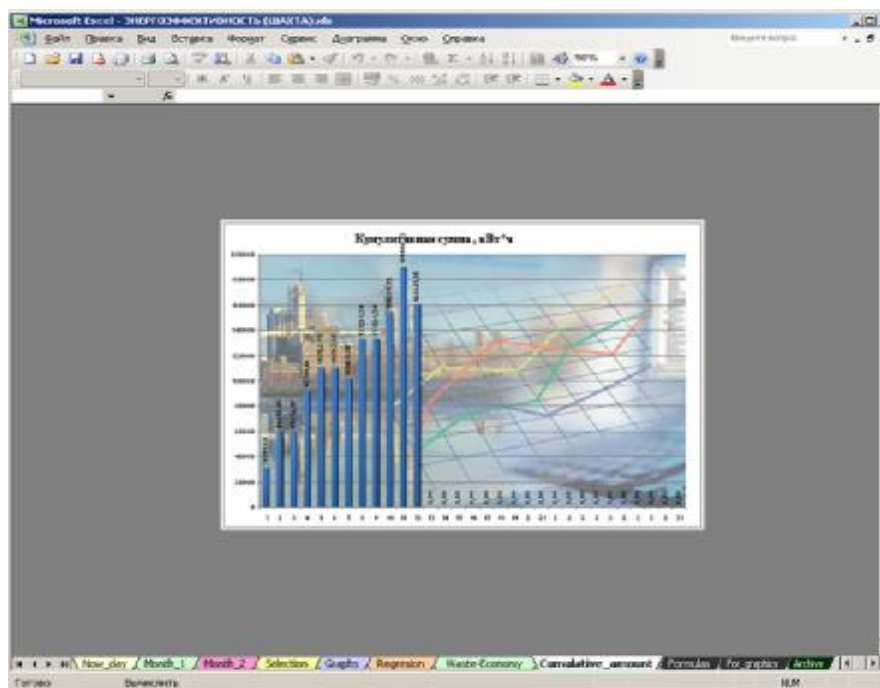


Рис. 6. Загальний вигляд робочого листа «Cumulative_amount»

Кумулятивна сума дозволяє оцінити ефективність роботи підприємства (або підрозділу) з початку місяця. Позитивне значення накопиченої до кінця місяця суми свідчить про те, що результати роботи підприємства бу-

ли загалом позитивними, а негативні – підтверджують факт перевитрати енергії. Це може служити основою для оцінки діяльності підприємства (підрозділу) протягом місяця.

Щомісяця регресійна залежність змінюється, оскільки відбуваються зміни в талицях вихідних даних. Це дозволяє формувати планові показники енергоспоживання з врахуванням результатів, досягнених в попередніх місяцях. Робочий лист «Archive» (рис. 7) ілюструє динаміку зміни регресійної залежності від місяця до місяця.

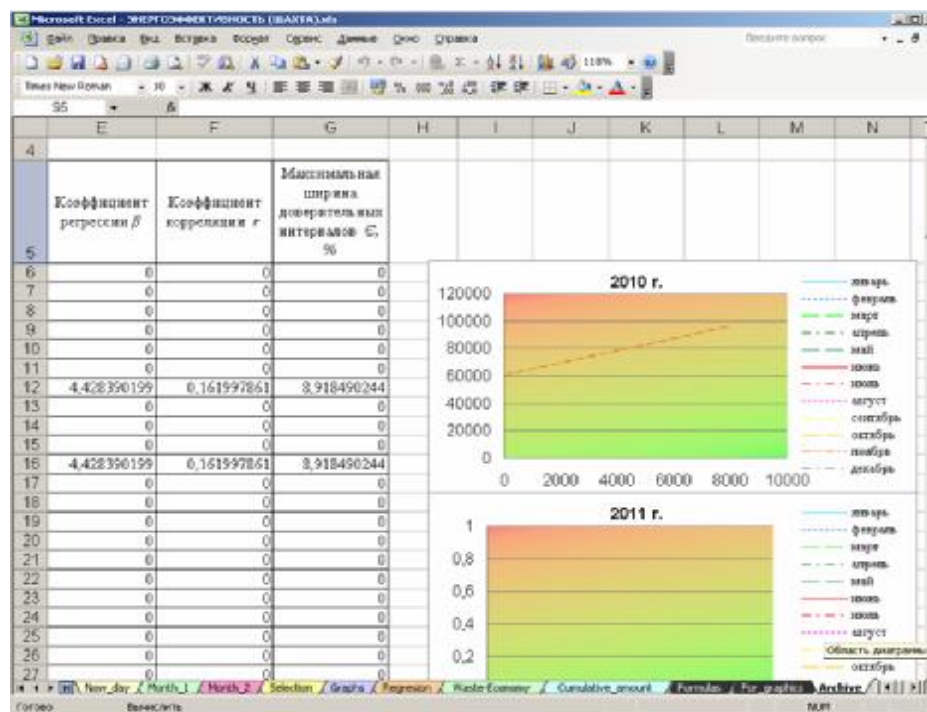


Рис. 7. Загальний вигляд робочого листа «Archive»

При ефективному керуванні процесом енергоспоживання (на основі інформації про економію і перевитрати енергії) повинно спостерігатися поступове підвищення енергоефективності. Це видно зі зменшення коефіцієнта α (постійної навантаження, кВт·год) та коефіцієнта β (змінної навантаження, кВт·год / тонну), що на відповідних графіках архіву даних проявляється у більш «низькому» (в порівнянні з попереднім місяцем) розташуванні наступної регресійної залежності. Коли можливості для підвищення енергоефективності вичерпані, то коефіцієнти α і β не змінюються і положення регресійної залежності стабілізується. Подальше підвищення енергоефективності можливо шляхом зміни технологічного процесу, введення нового енергоефективного обладнання. Крім коефіцієнтів α і β , що характеризують положення регресійної залежності $E = \alpha + \beta P$ (E – добові витрати електроенергії, кВт·год; P – добовий видобуток продукції, тонни) в робочому листі «Archive» фіксуються значення коефіцієнта кореляції r і максимальної ширини довірчих інтервалів, %.

Висновок

Розроблений принцип вимірювання та контролю ефективності споживання електроенергії виробничими підрозділами підприємства та створена на його основі комп'ютерна програма дозволяють суттєво покращити умови самого контролю та зменшити витрати енергії на виконання технологічних операцій.

Список літератури

1. Дрешпак, Н.С. Розробка комп'ютерної програми для контролю ефективності використання енергії виробничими підрозділами підприємства [текст]/ Н.С. Дрешпак, С.І. Випанасенко//Матеріали 2-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Інформаційні технології. Безпека та зв'язок.» – Д., 2011.– С.112–113.
2. Випанасенко, С.І. Контроль ефективності використання електроенергії шахтами ОАО «Павлоградголь» [текст]/ С.І.Випанасенко, Ю.А. Мишанский, Н.С. Дрешпак // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип.85. – С. 17–20.
3. Вуранасенко, N. Energy Efficiency Control at Industrial Enterprises [текст]/ N. Вуранасенко//Матеріали 1-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Іноземна мова як засіб мобільності майбутніх фахівців у контексті Болонської декларації». – Кривий Ріг, 2007. – С.184–185.

Рекомендовано до друку проф. Випанасенко С.І.