7 ОРГАНІЗАЦІЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

**7.1 Сутність системи СЕМ**

Щоб відповісти на питання, чи достатня віддача за витрачені гроші, необхідно мати засоби оцінки ефективності енергоспоживання. Впровадження системи СЕМ вирішує питання про те, як визначити ефективність витрати енергії на підприємстві. Необхідно також вирішити на кого покласти відповідальність за визначення ефективності в рамках всього підприємства. Крім того, необхідний механізм, який гарантує, що підприємство в дійсності просувається до мінімізації витрат на енергію. Система СЕМ - це той засіб, який допоможе досягти перерахованих цілей.

Систему СЕМ можна представити в вигляді п'яти основних пунктів:

1. Контроль споживання енергії та води за допомогою системи додаткових лічильників для виділених зон або окремих одиниць обладнання. Подібний контроль здійснюється так званими «центрами енергообліку» (ЦЕУ).
2. Визначення рівнів ефективності кожного ЦЕУ шляхом пов'язання споживання енергії з заходом виробництва в певній зоні або на певному обладнанні, що і являє собою «планування» (досягнення цільових показників).
3. Впровадження регулярної системи звітності, яка дозволяє отримати міру ефективності кожного ЦЕУ.
4. Створення груп в відділеннях, які проводять регулярні збори для обговорення шляхів поліпшення ефективності і відповідальні виконавці.
5. Створення регулярно діючого механізму зворотного зв'язку щодо ефективності на всіх рівнях підприємства, для створення більшої інформованості співробітників і їх мотивації для подальшого вдосконалення ефективності енергоспоживання.

**7.2 Попередній енергоаудит підприємства**

Перед впровадженням СЕМ необхідно провести попередню ревізію енергоспоживання об'єкта. Загальні положення та методи проведення енергетичних досліджень викладені в перших розділах цього посібника. Відзначимо зараз специфічні цілі попереднього енергоаудиту, проведеного в рамках впровадження СЕМ:

* Визначити, що саме підлягає контролю з урахуванням річного споживання і яку реальну економію ми можемо планувати.
* Визначити області обліку. Іншими словами, визначити хто саме відповідатиме за витрати на енергію,
* Оцінити загальну вартість системи, включаючи лічильники і, можливо, програмне забезпечення та обслуговуючий персонал, які необхідні для нормальної роботи системи.

**7.3 Цільові змінні**

Наступний етап в програмі реалізації СЕМ полягає у визначенні цільових змінних, які будуть використовуватися для порівняння з фактичними витратами енергії. Це складний етап, який вимагає ретельного опрацювання, оскільки в іншому випадку довіру до СЕМ може бути підірвано. Цільові показники (змінні) повинні представляти реалістичний прогноз того, що може бути досягнуто. Якщо це не так, то люди незабаром можуть втратити мотивацію до реалізації цільових показників.

7.3.1 Від чого залежить споживання енергії?

Найбільш поширений параметр - це обсяг продукції, що випускається, вимірюваний в кілограмах, м3, метрах і інших одиницях. У механічному цеху в якості подібного параметра може бути також використано введення заготовок.

Для обладнання з постійним завантаженням очевидним параметром, по відношенню до якого слід планувати споживання енергії, є час роботи.

Вторинними змінними можуть служити температура, до якої нагрівається виріб, або кількість вологи, що видаляється в процесі сушіння.

Необхідний певний аналіз для того, щоб забезпечити облік тільки основних параметрів, так як в противному випадку процес визначення цільових показників стає занадто складним.

Зазвичай при вирішенні питання про цільових параметрах починають з аналізу того, які виробничі дані підприємство збирає в даний час, а потім виконують попередній аналіз на основі цих даних, перш ніж ставити питання про збір додаткової інформації.

7.3.2 Приклади цільових величин

7.3.2.1 Промисловість

У список, наведений в таблиці 7.1, включені параметри, які найбільш корисні для застосування в якості цільових показників, що відносяться до витрати електроенергії. Первинна величина являє собою найбільш поширений цільової параметр. Якщо при цьому як і раніше зберігається великий розкид значення, загальна ситуація іноді може бути поліпшена при використанні вторинного параметра. У подібній ситуації слід спробувати використовувати параметр з другої колонки. Однак другий параметр рекомендується використовувати тільки в тому випадку, якщо відомо, що його застосування може істотно вплинути на споживання енергії.

7.3.2.2 Будівлі.

У разі будівель витрата енергії на опалення можна планувати просто в функції градусо-днів. Більш детально градусо-дні будуть розглянуті в наступному розділі. Зазвичай подібне планування здійснюється по місяцях, особливо в бюджетних будівлях, таких як лікарні і школи. Планування витрат електроенергії є складнішим завданням, і часто планові цільові показники базуються на витраті електроенергії за такий же період минулого року (тобто порівнюється споживання в квітні 2018 року зі споживанням в квітні 2019 року). Якщо в будівлях сильно розрізняються години присутності людей, це також може бути прийнято до уваги.

|  |
| --- |
| Таблица 7.1 - Цільові змінні |
| **Споживач енергії** | **Первинна величина** | **Вторинна величина** |
| Печі / Нагрівачі | Обсяг продукції | Температура оточ. середовища |
| Гальваніческое покриття | Обсяг продукції | Температура оточ. середовища |
| Плавлення | Обсяг продукції |  |
| Облагороджування паперу | Обсяг продукції | Розміри |
| Дроблення | Обсяг продукції |  |
| Прокатні стани | Обсяг продукції |  |
| Повітряні вентилятори (великі) | Обсяг продукції |  |
| Повітряні вентилятори (невеликі) | Години роботи |  |
| Великі технологічні насоси | Обсяг продукції |  |
| Невеликі насоси | Години роботи |  |
| Конвейєри | Години роботи |  |
| Преси | Обсяг продукції |  |
| Зварювальне обладнання | Години роботи |  |
| Механічна обробка | Години роботи |  |
| Відцентрові компресори | Обсяг продукції |  |
| Повітряні компресори | Години роботи |  |
| Кондиціювання | Температура оточуючого середовища | Вологість |
| Великі холодильники | Обсяг продукції | Температура оточ. середовища |
| Невеликі холодильники | Температура оточуючого середовища |  |
| Освітлювання | Години роботи |  |

**7.4 Регресійний аналіз**

Регресійний аналіз є центральним математичним прийомом в системі СЕМ. Ця частина досліджує наступні моменти:

\* Базові і змінні навантаження

\* Графіки регресійного аналізу

\* Аналіз регресійної інформації

7.4.1 Базові навантаження і змінні коефіцієнти

Прийом регресійного аналізу дозволяє нам одержувати відношення між енергією і її змінною величиною (напр. виробництвом) і визначати передісторію споживання енергії в термінах «основних» і «змінних» навантажень.

Базове навантаження – це кількість споживаної енергії, коли змінна величина рівна нулю. Звичайно, при нульовій продуктивності заводу ми б припинили поставляти енергію. Але, за дуже короткий термін, ми розуміємо, що певна кількість енергії необхідна для того, щоб завод продовжував працювати. Підраховувавши це, ми визначаємо «поточні втрати», які характеризують наше використання енергії і можуть вказувати на потенційну економію.

Змінне навантаження – це кількість енергії, необхідна для кожної додаткової одиниці змінної величини. Це покаже нам, скільки ще енергії буде потрібно для виробництва, наприклад, додаткової тонни продукції. Вони допомагають у визначенні «середніх витрат виробництва», а також утворюють базу для обчислення заощаджень відносно користувачів енергії із навантаженнями, що змінюються.

Регресійний аналіз.

Насправді, фактичне споживання енергії ніколи не буде таким же, як і теоретичне. Тому ми і повинні використовувати систему СЕМ.

Першою стадією в системі СЕМ є аналіз передісторії (зібраних за попередні періоди часу даних) для визначення стандартних (або середніх) рівнів споживання енергії.

Це допомагає зробити математичний прийом лінійного регресійного аналізу

7.4.2 Регресійний аналіз (графік до аналізу)

Нижче приведений графік (рис.7.1), на якому вісь Y – це споживання пари і вісь X – виробництво паперу. Якщо ми нанесемо всі дані, то отримаємо так званий «розсіяний графік», тобто такий, в якому точки не утворюють єдину безперервну лінію, а зображають розміщення приблизних даних біля прямої.

0

5

10

15

20

25

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

**Виробництво папіру, тонни**

**Пара, тонни**

Рисунок 7.1 Фактичні дані і стандартна пряма.

Даний малюнок показує, як ми можемо розташовувати ряд базових даних на розсіяному графіку, з якого ми і одержимо саму відповідну пряму. Важливо відзначити, що згідно з угодою по СЕМ, контрольована енергія виражена на графіку компонентом осі У, тоді як змінна величина виражена компонентом осі Х. З метою аналізу технологія регресії використовує також чинник «n», що представляє кількість наборів даних. В даному випадку, n=12, оскільки у нас є 12 наборів даних.

**Аналіз точок на осях Х і У.**

Математичний прийом, використаний для самої відповідної лінії у вищезгаданих даних, відомий як «метод найменших квадратів». Це дає інформацію про:

\*Базове навантаження C

\* Змінний коефіцієнт (градієнт) m

\* Коефіцієнт кореляції R

Зображаючи саму відповідну лінію, ми можемо застосувати вищезгадану інформацію для отримання лінії з рівнянням:

Y = m\*X+C

 В деяких системах співвідношення визначається терміном R2. У такому разі R2=1,0 указує на відмінне співвідношення, у той час, як R2=0,0 указує на його відсутність.

**Інформація, визначувана при регресійному аналізі.**

Застосувавши прийом регресійного аналізу на ряду даних, ми визначаємо наступну інформацію:

**Форму самої «відповідної» прямої**

\* Базове навантаження (наприклад, споживання без виробництва)

\* Змінне навантаження (наприклад, яка кількість додаткової енергії необхідна на кожну одиницю додаткового споживання)

**Якість даних**

\* Коефіцієнт кореляції (наприклад, наскільки близько до самої «відповідної» прямої знаходяться дані)

\* Аналіз даних (наприклад, якість даних краща або гірше середнього для кожного тижня, місяця і т. і.)

7.4.3 Математична основа регресійного аналізу

Наведемо формули для визначення коефіцієнтів рівняння

Y = m\*X+C

відповідно до метода «найменших квадратів».

Математичними формулами для лінійного регресійного аналізу є:











7.4.3 Визначення кумулятивної суми

Якщо система СЕМ пропрацювала вже якийсь час, то використання технології кумулятивної суми допоможе продемонструвати довгострокові зміни в енергоспоживанні.

Навіть якщо систему підтримують на одному рівні ефективності, ми не зможемо чекати, що споживання енергії за кожний тиждень або місяць буде точно запланованим. Звичайно ж, ми можемо одержувати незначні зміни час від часу. Тому краще спостерігати суму розбіжностей через декілька періодів часу для визначення тенденцій в енергоспоживанні.

Як працює технологія кумулятивної суми?

\* Для кожного місяця (тижня) сума всіх розбіжностей за контрольований період складає зміни кумулятивної суми.

\* Період контролю може починатися чи зі встановленої дати, чи за період, що циклічно повторюється (наприклад, рівно за рік до сьогоднішнього дня).

**Приклад технології «кумулятивної суми».**

Розгляньте пропонований приклад, в якому фактичне споживання пари паперовим станком порівнюється з його звичною продукцією.

Таблиця 7.2 Визначення розбіжності споживання

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництвопаперу (т) | Стандартнеспоживанняпара (т) | Фактичнеспоживанняпара (т) | Розбіжність(т) |
| Січень | 2,250 | 5,229 | 8,850 | 3,621 |
| Лютий | 8,500 | 18,354 | 18,445 | 0,091 |
| Березень | 8,370 | 18,081 | 18,555 | 0,474 |
| Квітень | 7,050 | 15,309 | 18,225 | 2,916 |
| Травень | 6,900 | 14,994 | 16,775 | 1,781 |
| Червень | 8,300 | 17,934 | 22,575 | 4,641 |
| Липень | 5,400 | 11,844 | 12,250 | 0,406 |
| Серпень | 8,085 | 17,843 | 21,119 | 3,272 |
| Вересень | 8,990 | 19,383 | 22,885 | 3,502 |
| Жовтень | 9,025 | 19,457 | 22,350 | 2,893 |
| Листопад | 6,040 | 13,188 | 17,850 | 4,662 |
| Грудень | 4,200 | 9,324 | 9,555 | 0,231 |
| РАЗОМ: | 83,110 | 180,940 | 209,430 | 28,490 |

Дві перші колонки в таблиці показують виробництво паперу на паперовій фабриці за один рік і «стандартне» споживання пари за певну кількість продукції (тобто кількість використаної пари у випадку, якщо рівні ефективності були б такими, як показано на самій відповідній «стандартній» лінії для даних за попередній рік). Третя колонка показує фактичне споживання пари за поточний рік, а остання колонка показує розбіжність між фактичним і стандартним споживанням). Це визначається з розрахунку:

Розбіжність (т) = Фактичне споживання (т) – Стандартне споживання (т).

На цьому прикладі показані негативні розбіжності, що позначають, що споживання енергії за кожний місяць поточного року було гіршим очікуваного.

Ці дані потім можуть бути перенесені в кумулятивні розбіжності, як показано далі:

Таблиця 7.3 Визначення кумулятивних розбіжностей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Місяць | Розбіжності, т | Кумулятивні розбіжності, т |
| Січень | 3,621 | 3,621 |
| Лютий | 0,091 | 3,712 |
| Березень | 0,474 | 4,186 |
| Квітень | 2,916 | 7,102 |
| Травень | 1,781 | 8,883 |
| Червень | 4,641 | 13,524 |
| Липень | 0,406 | 13,930 |
| Серпень | 3,272 | 17,202 |
| Вересень | 3,502 | 20,704 |
| Жовтень | 2,803 | 23,597 |
| Листопад | 4,662 | 28,259 |
| Грудень | 0,231 | 28,490 |
| Разом: | 28,490 | 28,490 |

У цій таблиці остання колонка попередньої таблиці (місячні розбіжності) поміщена в першу. Друга колонка показує кумулятивні розбіжності від загальної кількості втраченої енергії за період з січня по грудень.

**Пояснення даних кумулятивної суми**

Робота відносно заощадження енергії проілюстрована наступними факторами:

\*Горизонтальна лінія зображає роботу ні краще, ні гірше за середній рівень.

\* Нахил вниз зображає погану роботу.

\* Нахил вгору зображає хорошу роботу.

\*Скривлення показує зміну в роботі.

**7.5 Послідовність впровадження системи СЕМ**

7.5.1 Підготовка до впровадження системи СЕМ

Перед тим, як будь-яка організація запустить у себе систему СЕМ, вона повинна відповісти на наступні питання:

* Навіщо потрібно контролювати споживання енергії?
* Що потрібно контролювати?
* З чим треба порівнювати споживання енергії?
* Які вимоги ми виставляємо перед новою системою вимірювання?
* Хто буде збирати дані і аналізувати їх?
* Кому будуть передаватися результати вимірювань?
* Які технічні засоби і програмне забезпечення нам необхідно?

7.5.2 Специфікація системи СЕМ

Наступною сходинкою розвитку системи буде визначення кількості ЦЕУ (центрів енергообліку) і їх змінних величин, а так само способів збору інформації.

Як вибирати ЦЕУ?

* ЦЕУ повинні забезпечувати висвітлення всіх значних енерговитратних процесів, а також споживання енергії на об'єкті в цілому.
* ЦЕУ повинні використовуватися тільки там, де є практичний досвід в отриманні інформації за допомогою лічильників та де визначається кількісна змінна величина.

7.5.3 Специфікація технічних засобів і програмного забезпечення

Від вибору використовуваних засобів збору даних (наприклад, лічильники, дані з яких збираються вручну, реєстратори даних, автоматизована система) залежить тип обладнання, що купують.

Можливо, виникає необхідність в установці додаткових вимірювальних приладів.

Обране програмне забезпечення повинно підходити до методу збору даних.

Багато системи СЕМ зазнають невдачі через недостатню ретельності при виборі відповідного ЦЕУ.

7.5.4 Використання СЕМ для заощадження енергії

Звичайно ж, той факт, що система СЕМ дозволяє отримати точну інформацію щодо даних, не достатній для досягнення бажаних цілей по збереженню енергії. Щоб зробити це, користувач повинен:

* Приймати термінових заходів при необхідності (наприклад, коли виявлена ​​погана робота).
* Переглядати цільові установки (наприклад, відображати зміни в роботі або при установці нового обладнання).
* Розглядати, якщо необхідно, підключення додаткових ЦЕУ.
* Надавати корпоративні звіти (на вимогу).
* Постановка цілей і аналіз графіків.

Ця частина досліджує різні прийоми, які використовуються для постановки цілей, наприклад:

• Оперативне планування, засноване на регресії.

• Оперативне планування, засноване на процентному співвідношенні.

• Розрахунковий оперативне планування.

Для отримання максимальної вигоди від системи СЕМ, фактичне споживання потрібно порівнювати не тільки зі стандартним, але і з цільовим споживанням.

Існує кілька різних методів постановки цілей.

**Оперативне планування, засноване на регресії.**

Для визначення мети використовується інформація, отримана з історичних даних. Вище було розглянуто приклад отримання цільового рівняння по найкращим місяців (тобто по точках, що знаходяться нижче стандартної прямої (див. рис. 7.1).

**Оперативне планування, засноване на процентному співвідношенні.**

За основу для постановки мети може бути взята стандартна робота за вирахуванням фіксованого відсотка (наприклад, 10%). Цей метод - досить довільний і фактично не має будь-якої наукової обґрунтування. Однак таке отримання цільових установок широко використовуються в практиці. Зокрема, політики або бізнесменеджери часто видають постанови про необхідність економії енергії і встановлюють довільний відсоток заощадження енергії для досягнення цієї мети.

**Розрахункове оперативне планування.**

Мета встановлюється на основі стандартної роботи за вирахуванням передбаченої економії за проектом збереження енергії.

Приклад розрахункового планування.

Розглянемо паперовий станок, який має такі характеристики:

Базове навантаження - 150 т пари за тиждень.

Змінне навантаження - 2 т пари на т паперу.

Пропонується усунути витік пари в станку і одночасно встановити систему утилізації тепла.

Передбачувані заощадження:

Усунення витоку пари: зменшення споживання пари 100 кг / год (16800 кг / тиждень).

Установка системи повернення тепла: зменшення витрат на підігрів повітря на 20%.

Звідси нове цільове рівняння набуває вигляду:

Базова навантаження: 150-16,8 = 133,2 т / тиждень

Змінне навантаження (т пари / т бумаги):

 2 – 2\*0,2 = 1,6.

Аналіз змін в графіку регресії.

Регресійний аналіз потрібно використовувати як інструмент не тільки для запуску проекту СЕМ, але і на певних інтервалах роботи (наприклад, кожен квартал або щороку), щоб визначити прогрес в економії енергії. Крім постановки нових цілей, регресійний аналіз демонструє зміни, що виникли в енергоспоживанні. Це видно з:

* Змін у базовому навантаженні (зазначених відрізком на осі У).
* Змін в змінному навантаженні (зазначених величиною нахилу найбільш відповідної прямої).
* Змін в послідовності даних (зазначених коефіцієнтом кореляції).

**7.6 Вправа**

 **Впровадження системи контролю і планування енергоспоживання**

Ця вправа має наступні цілі:

1. Допомога в здійсненні контролю і плануванні (тобто визначенні норм).
2. Розуміння оцінки процесу для нових вимірювальних пристроїв.
3. Створення енергетичних центрів.
4. Постановка і розуміння планових показників (норм), використовуючи один з центрів енергії і екологічного обліку (ЦОЕ) В якості прикладу у вправі використовується молокозавод, і розглядаються дії енергоменеджера на цьому заводі. Принципи контролю і визначення цілей є універсальною методологією і як такі не обмежуються якою-небудь конкретною галуззю. Тому, даний підхід може бути використаний в інших галузях таким же самим способом.

На першому етапі необхідно розібратися в технологічному процесі, здійснюваному на заводі.

Молокозавод виробляє наступні продукти:

1. Пастеризоване молоко в пляшках і в картонних пакетах.
2. Стерилізоване молоко в картонних пакетах.

Оскільки конкуренція дуже сильна, молокозавод повинен, де тільки можна, зменшувати собівартість. Енергія і вода це - ті області, які раніше ігнорувалися. Ухвалено рішення впровадить систему контролю і планування (СЕМ). Це буде добрим початком для знаходження шляхів економії при низьких капіталовкладеннях, і це також допоможе визначити області для майбутніх інвестицій.

На початковому етапі необхідно зібрати дані по споживанню і вартості зі всіх служб, тобто: електроенергія, водопостачання, газ і т.п. Ці дані повинні бути підтверджені рахунками за останні два роки. Опитування показало, що додаткові лічильники (або "підлічильники") відсутні. Електроенергія є основною областю витрат, які становлять 2500 тис. гривнею в рік, і тому ухвалюється рішення сконцентрувати зусилля, в основному, на споживанні електроенергії. Таким чином, система СЕМ буде випробувана і освоєна, і надалі система СЕМ може бути розширена.

Вибрана система щотижневого зняття показань лічильників і аналізу цих показань.

7.6.1 Ревізія лічильників

Дуже важливо зрозуміти, де знаходяться головні споживачі. Для того, щоб зміряти реальне споживання, система лічильників повинна бути достатньо докладною. Для перевірки електричних навантажень, необхідно вивчити мережу розподілу електроенергії і скласти схему, яка показана на рис. 7.2.

Потім вимірюється потреба в електроенергії на всіх основних розподільних лініях за допомогою переносного амперметра і робиться оцінка основного робочого часу всього заводу. Ці величини представлені у таблиці 7.5.

Цей етап дає можливість визначити, де необхідно встановити нові лічильники, і підказує підходи до основних споживачів.

Для обґрунтування установки нових лічильників звичайно використовується наступне рівняння:

З = А \* П \* t/100,

де З = обґрунтовані витрати на установку додаткових лічильників (тобто підлічильників), грн;

А = річні витрати на даний вид енергії, грн;

Р = потенційні заощадження, %

t = допустимий термін окупності, років

У таблиці 7.4 представлені орієнтовні ціни на різні типи лічильників і деякі оцінки потенціалу заощаджень по кожному виду палива. З урахуванням цього і прийнявши допустимий термін окупності (t) в один рік, можна бачити в останній колонці таблиці 7.4, скільки повинно бути заощаджено засобів по кожному виду енергії, щоб виправдати установку одного додаткового лічильника (А).

Таблиця 7.4 - Типові цифри для факторів оцінки (t=l рік)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид енергії | Потенційні енергозбереження | Вартість лічильників, грн | Економія коштів, необхідна для установки одного лічильника, грн |
|  | P | З | А |
| Електроенергія | 3% | 4500 | 150000 |
| Газ | 5% | 15000 | 300000 |
| Мазут | 5% | 10000 | 200000 |
| Пара | 5% | 25000 | 500000 |
| Стисле повітря | 10% | 30000 | 300000 |
| Гаряча вода | 7% | 4900 | 70000 |
| Холодна вода | 7% | 2800 | 40000 |

**Підстанції послуг**

Повітряний компрессор1

Повітряний компресор 2

Повітряний компресор 3

Компресор NH3 1

Компресор NH3 2

Компресор NH3 3

Насоси охолодженої води

Випарники/Вентилятори

Механічна майстерня

Котельна

**Підстанція молокозаводу**

Відділ розливу в пляшки

Допоміжна стерилізація 1

Допоміжна стерилізація 2

Стерилізація 1

Стерилізація 2

Переробка молока

Гомогенізація

Лінія упаковки в карт. пак.

Лінія упаковки в карт. пак.

Допоміжні приміщення

Загальне освітлення

**Підстанції офісів**

Головний офіс

Комп'ютери

Холодне сховище 1

Холодне сховище 2

Головні водяні насоси

Склад

Їдальня

**Основний ввід**

 Рис. 7.2 Схема електроспоживання підприємства

Таблиця 7.5 Показання витрати електроенергії, годин споживання.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Споживач | Потужність кВт | Час робот годин/ тижд. | Витрати кВт-год на рік | Грошові витрати грн/рік | Потреба у лічиль-нику | Загальна кількість лічильників |
|  | А | В | С=А\*В\*52 | D=C\*z | F | G |
| **Підстанції послуг** |
| Повітряний компрессор1 | 100 | 60 |  |  |  |  |
| Повітряний компресор 2 | 100 | 60 |  |  |  |  |
| Повітряний компресор 3 | не працював при огляді |  |  |  |
| Компресор NH3 1 | 150 | 50 |  |  |  |  |
| Компресор NH3 2 | не працював при огляді |  |  |  |
| Компресор NH3 3 | 150 | 50 |  |  |  |  |
| Насоси охолодженої води | 65 | 50 |  |  |  |  |
| Випарники/Вентилятори | 35 | 50 |  |  |  |  |
| Механічна майстерня | 25 | 45 |  |  |  |  |
| Котельна | 70 | 60 |  |  |  |  |
| Всього |  |  |  |  |  |  |
| **Підстанція молокозаводу** |
| Відділ розливу в пляшки | 150 | 60 |  |  |  |  |
| Допоміжна стерилізація 1 | 15 | 50 |  |  |  |  |
| Допоміжна стерилізація 2 | 15 | 50 |  |  |  |  |
| Стерилізація 1 | 50 | 50 |  |  |  |  |
| Стерилізація 2 | 70 | 50 |  |  |  |  |
| Переробка молока | 90 | 50 |  |  |  |  |
| Гомогенізація | 75 | 40 |  |  |  |  |
| Лінія упаковки в карт.пакет ппапак, пакети 1 | 80 | 50 |  |  |  |  |
| Лінія упаковки в карт, пакети 2 | 80 | 50 |  |  |  |  |
| Допоміжні приміщення | не працювали при огляді |  |  |
| Загальне освітлення | 45 | 60 |  |  |  |  |
| Всього |  |  |  |  |  |  |
| **Підстанції офісів** |
| Головний офіс | 50 | 60 |  |  |  |  |
| Комп'ютери | 30 | 60 |  |  |  |  |
| Холодне сховище 1 | 40 | 168 |  |  |  |  |
| Холодне сховище 2 | 30 | 168 |  |  |  |  |
| Головні водяні насоси | 30 | 168 |  |  |  |  |
| Склад | 40 | 60 |  |  |  |  |
| Їдальня | 40 | 40 |  |  |  |  |
| Всього |  |  |  |  |  |  |
| **Всього по всіх трьох** **підстанціях** |

***Завдання*** ***1***

1. За допомогою даних таблиці 7.3 проведіть оцінку обґрунтованої кількості лічильників електроенергії на даному молокозаводі. Середню ціну електроенергії z прийняти рівною 2,2 грн/кВт-год.
2. Використовуючи дані рисунку 7.2, вкажіть, де повинні бути встановлені нові лічильники.
3. Загальне споживання електроенергії в рік складає 5200 МВт-год. Яке буде невраховане споживання електроенергії по об'єкту (тобто, яке не реєструється підлічильниками), коли всі лічильники, які ви визначили, будуть встановлені?

7.6.2 Створення ЦОЕ

Як тільки будуть встановлені нові лічильники, необхідно створити Центри обліку енергії і екологічних факторів (ЦОЕ). Споживання в кожному ЦОЕ регулярно контролюватиметься шляхом порівняння із значеннями планового показника (норми).

ЦОЕ може бути утворений на основі одного лічильника або на основі декількох лічильників. Наприклад, стисле повітря буде предметом обліку на ЦОЕ, але він складатиметься з показань лічильників для всіх окремих компресорів. Загалом, кожний ЦОЕ повинен задовольняти трьом наступним критеріям:

1. Одна область/обладнання
2. Підпорядкування одній особі
3. Значна вартість енергії.

***Завдання 2***

1. Утворіть Центри обліку енергії на підставі списку встановлених лічильників і запропонуйте параметри, відповідно до яких повинні бути встановлені норми споживання електроенергії.
2. Які вимірники, крім електролічильників, ви б встановили в котельній і відповідно до чого ви б встановили норми споживання?

7.6.3 Графік розкиду

Продуктивність молока розлитого в пляшки (в літрах в тиждень) є показником загального споживання електроенергії. Необхідно принаймні 6 комплектів даних для того, щоб взятися за визначення планового показника (тобто норми). В кінці першого шеститижневого терміну у вас є таблиця даних по споживанню електроенергії у відділі розливу, як в таблиці 7.6. Замість того, щоб просто дивитися на тенденцію споживання, ви визначаєте норму на підставі виробничого часу і розраховуєте різницю між фактичним споживанням і нормою (тобто дисперсію). Це дає вам можливість оцінити продуктивність щотижня.

Таблиця 7.6 Дані по перших шести тижнях

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Фактичне споживання | Виробнича міра |
| Кінець тижня | Електроенергія для розливу (кВт-год) | Виробничий час (год) |
| 7 січня 201914 січня 201921 січня 201928 січня 20194 лютого 201911 лютого 2019 | 10140  8570  7910 825010450 8570 | 72 54 5135 63 68 |

***Завдання 3***

1. Використовуючи дані, приведені вище, накресліть графік тренда (тобто тенденції) споживання електроенергії на ділянці розливу. Проаналізуйте його.

2. Використовуючи дані, приведені вище, накресліть графік розкиду.

7.6.4 Визначення норми (планового показника)

Графік розкиду показує певну кореляцію між виробничим часом і споживанням електроенергії для ділянки розливу. Ознайомившись з даними і знаючи, як працює виробництво, можна зробити висновок, що така кореляція лінійна.

Для ділянки розливу неважко отримати лінійну залежність, яка б достатньо точно відображала дані. Ця (лінійна) залежність називається "Стандартною лінією". Оскільки ця лінія найточніше співпадає з попередніми даними, то її можна використовувати її як початкові дані (її можна також назвати нормою).

Цю лінію можна отримати, проводячи регресійний аналіз за допомогою комп'ютера, або ж шляхом викреслювання "очевидної" лінії на графіку розкиду олівцем і лінійкою.

***Завдання 4***

1. Накресліть приблизно стандартну лінію, яка краще всього підходить до точок даних на вашому графіку розкиду. Продовжте цю лінію до перетину з віссю У. Це дає вам можливість побачити базове навантаження процесу (тобто за відсутності розливу).

2. Розрахуйте базове навантаження і нахил лінії і використовуйте її як рівняння норми. Розрахуйте норму для кожного тижня, а також величину відхилення для того, щоб занести їх в таблицю 7.7 "Збір даних і аналіз".

Таблиця 7.7 - Збір даних і аналіз

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Фактичне споживання | Виробнича міра | Норма | Дисперсія | Накопичена сума |
|  | А | Η | Т | V=A-T | C=V(x)+C(x-l) |
| Кінець тижня | Електроенергія (кВт-год) | Виробничий час (год) | (кВт-год) | (кВт-год) | (кВт-год) |
| 7.01.201914.01.201921.01.201928.01.20194.02.201911.02.2019019… і т.д. | 101408570 7910 8250 104508570 | 72 54 51 35 63 68 |  |  |  |

7.6.5 Аналіз попередніх даних

Тепер вже побудований графік розкиду із стандартною лінією, в якості норми. Базове навантаження приблизно 6000 кВт-год в тиждень і додаткове споживання 50 кВт-год на кожну робочу годину. Таке базове навантаження в порівнянні із загальним споживанням, що становить близько 9000 кВт-ч в тиждень, здається дуже великим.

Необхідно запитати у майстра ділянки про можливу причину. Він дуже здивований і нічого не може придумати для пояснення. Наступного дня він знову говорить з вами і висловлює припущення, що це пов'язано із споживанням системою вентиляції, яка витягує повітря з простору під дахом. Фактично, вночі вентиляція не повинна працювати, як не повинна вона працювати і у вихідні дні, коли ділянка розливу не працює. Оскільки персонал не бачить вентилятора і навряд чи чує його, він не вимикається тоді, коли він не потрібен. Ви робите майстра відповідальним за виключення вентилятора, коли він не потрібен, для чого необхідно лише 10 секунд. Швидкий підрахунок показує, що це дозволить знизити дане щотижневе базове навантаження приблизно на 2000 кВт-год.

***Завдання 5***

Яка економія протягом одного року при постійному зменшенні базового навантаження на 2000 кВт-год (економія в кВт-год/рік, відсоток від загальної витрати)?

7.6.6 Графік зведених сум

Через ще шість тижнів ми одержуємо більше даних, як показано в таблиці 7.8. Крім попередніх розрахунків норми і дисперсії, вам необхідно також розрахувати і скласти графік накопичених (зведених) сум (CUSUM). CUSUM означає накопичену, зведену суму і обчислюється шляхом додавання фактичної дисперсії до останньої зведеної суми. За допомогою зведеної суми можна передбачати довгостроковий розвиток набагато краще, ніж за допомогою однієї лише дисперсії.

Таблиця 7.8 - Дані за 12-тижневий період

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Фактичне споживання | Виробнича міра |
| А | Η |
| Кінець тижня | Електроенергія для розлива в пляшки (кВт-год) | Виробничий час (год) |
| *18 лютого 2019**25 лютого 2019**3 березня* *2019**10 березня 2019**17 березня 2019**24 березня 2019* | 665077105830650072008500 | 625548407168 |

***Завдання 6***

1. Заповніть порожні графи таблиці "Збір даних і аналіз".
2. Додайте ці дані до графіка тренда (тенденцій), до графіка розкиду і до графіка CUSUМ. На графіку розкиду вкажіть точки нових даних іншим кольором.
3. Приблизно намалюйте нову стандартну лінію на графіку розкиду, яка відповідає новим даним (тобто лише останні шість комплектів даних). Визначте рівняння для цієї лінії і порівняйте його з рівнянням першої стандартної лінії.
4. Що ви думаєте про дані?

Ви розрахували норму і дисперсію за кожний тиждень і бачите, що досягли постійної економії. Тепер ви можете змінити своє рівняння норми, яке засноване на самих останніх даних, проте ви дотримуєтеся його для зручності.

Проте, ви здивовані тим, що в щотижневій дисперсії відбулися зміни. В один з днів, впродовж тижня, що закінчився 24 березня, ви виявили, що головна виробнича лінія була включена під час обідньої перерви. Ви знову зустрічаєтеся з майстром ділянки. Спочатку ви показуєте йому, що він вже добився хороших заощаджень. Потім ви питаєте його, чи є у нього які-небудь пояснення по дисперсії. Він нічого не може придумати для пояснення, тому ви питаєте його про звичку виключення лінії під час обідньої перерви.

Він розказує вам, що у них часто буває довга обідня перерва в роботі, обумовлена як самим обідом, так і якоюсь іншою роботою, яку вони виконують перш, ніж продовжити виробничий процес. Він завжди вимикає машини, але він працює через тиждень, а коли під час обіду працює інший майстер, то якраз в ці тижні відхилення від норми (дисперсія) зростають. Ви розмовляєте про це з іншим майстром. Він говорить, що думав, ніби машини не можуть споживати багато енергії, коли вони працюють вхолосту, і тому він їх не вимикав під час обідньої перерви або зразу ж після закінчення роботи в кінці дня. Ви пояснюєте йому ситуацію і як зробити, щоб поліпшити ситуацію.

7.6.7 Безперервна система СЕМ

Тиждень за тижнем ви збираєте дані по споживанню, робочому часу, нормі, дисперсії і CUSUM і кожного тижня ви аналізуєте ці дані. Дані за наступні чотири тижні показані в таблиці 7.9.

Таблиця 7.9 - Дані за 16 тижнів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Фактичне споживання | Виробнича міра |
|  | А | Η |
| Кінець тижня | Електроенергія для розливу в пляшки (кВт-год) | Виробничий час (год) |
| *31 березня* *2004**7 квітня 2004**14 квітня 2004**21 квітня 2004* | 6210701083606590 | 55684763 |

*Завдання 7*

1. Заповніть порожні графи таблиці "Збір даних і аналіз". Примітка: Під час нормальної роботи системи СЕМ, ви робите це в кінці кожного тижня, а не через чотири тижні!
2. Додайте ці дані до графіка тренда (тенденцій), до графіка розкиду і до графіка CUSUM. На графіку розкиду вкажіть точки нових даних іншим кольором
3. Що ви думаєте про ці дані?

8 КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ НА ПРИКЛАДІ УСТАНОВКИ СУШКИ СОЛОДУ».

**8.1 Вихідні дані до контрольної роботи**

Постановка задачі:

I. Завод споживає газ для сушки продукту (солоду). Споживання газу і кількість просушеного матеріалу в період з січня по грудень 2016 р. наведені в таблиці 7.10. Використовуючи формули регресійного аналізу визначити:

1. Стандартне рівняння.

2. Базове навантаження (ГДж/місяць).

3. Змінне навантаження (ГДж/т).

4. Місяці, в яких показання кращі за середні.

5. Цільове рівняння (побудоване на основі кращих місяців з п. 4).

6. Базове навантаження в цільовому рівнянні.

7. Змінне навантаження в цільовому рівнянні.

8. Цільове споживання газу (кількість газу, яке було б спожито в 1999 році, якщо б сушарка працювала за показниками кращих місяців, тобто ґрунтуючись на цільовому рівнянні).

9. Потенційну економію енергії, якби всі місяці роботи показники відповідали цифрам цільового споживання.

II. Виробництво і споживання за січень-грудень 2017 р. на заводі приведено в таблиці 7.11.

Визначити:

1. Стандартну (або середню) кількість газу, яку було б використано в кожному з дванадцяти місяців, якби пряма споживання перебувала безпосередньо на «найбільш підходящій прямій» даних за 2016 р. (відповідної стандартному рівнянню в пункті I). Дані звести в таблицю.

|  |
| --- |
| Таблиця - 7.10 Виробництво і споживання газу в 2016 р. |
| Місяць | Виробництво, т | Споживання газу, МДж |
| Січень | 200\*a + 8\*b | 115000\*a + 17000\*b |
| Лютий | 220\*a - 14\*b | 105000\*a + 17000\*b |
| Березень | 180\*a + 75\*b | 125000\*a + 16500\*b |
| Квітень | 200\*a + 50\*b | 125000\*a + 18000\*b |
| Травень | 210\*a + 20\*b | 110000\*a + 20500\*b |
| Червень | 190\*a + 30\*b | 95000\*a + 17000\*b |
| Липень | 200\*a - 5\*b | 97000\*a + 18400\*b |
| Серпень | 210\*a + 40\*b | 124000\*a + 17400\*b |
| Вересень | 180\*a | 92000\*a + 15800\*b |
| Жовтень | 200\*a + 20\*b | 112000\*a + 17400\*b |
| Листопад | 200\*a  | 110000\*a + 19000\*b |
| Грудень | 210\*a  | 111000\*a + 18000\*b |

де а =b+0,1\*с (с - передостання цифра номера залікової книжки);

b - остання цифра номера залікової книжки, якщо вона дорівнює 0, то прийняти b = 10

|  |
| --- |
| Таблиця - 7.11 Виробництво і споживання газу в 2017 р. |
| Місяць | Виробництво, т | Споживання газу, МДж |
| Січень | 220\*a + 30\*b | 95000\*a + 16000\*b |
| Лютий | 200\*a - 15\*b | 105000\*a + 15800\*b |
| Березень | 205\*a + 70\*b | 115000\*a + 17000\*b |
| Квітень | 183\*a + 49\*b | 115000\*a + 14200\*b |
| Травень | 189\*a + 22\*b | 85000\*a + 16200\*b |
| Червень | 210\*a + 28\*b | 101000\*a + 19000\*b |
| Липень | 210\*a - 7\*b | 112000\*a + 13000\*b |
| Серпень | 197\*a + 35\*b | 87000\*a + 16500\*b |
| Вересень | 203\*a | 100000\*a + 15800\*b |
| Жовтень | 177\*a + 33\*b | 83000\*a + 14300\*b |
| Листопад | 218\*a  | 102000\*a + 16000\*b |
| Грудень | 205\*a  | 98000\*a + 17700\*b |

2. Для кожного значення визначте також місячні відхилення (тобто стандартні значення - фактичні) і відхилення кумулятивної суми. Відповіді внести до відповідних таблиць.

3. Побудувати графік відхилень кумулятивної суми в споживанні газу в 2017 р.

4. Проаналізувати отримані результати.

III. Пропонується поліпшити роботу сушарки шляхом:

а) її ізоляції для зменшення постійних втрат;

б) установки системи рекуперації теплоти.

Передбачається, що додаткова ізоляція скоротить споживання газу в порівнянні з постійними втратами на 5,5 \* b кВт (де b - остання цифра номера залікової книжки, якщо вона дорівнює 0, то прийняти b = 10), і система рекуперації скоротить змінне споживання газу на 40%. Система у використанні 500 год / місяць. Ізоляція і система рекуперації були встановлені в період новорічних свят (кінець 2017 р. - початок 2018 р.). Результати роботи сушарки в 2018 р.:

Загальна кількість висушеного продукту 2400\*а, т.

Загальне споживання газу 670880\*а + 107200\*b МДж,

де а =b+0,1\*с (с - передостання цифра номера залікової книжки).

За аналізом роботи сушарки в 2018 р. отримано наступне рівняння регресії:

Газ (МДж) = 8950\*b [МДж/міс]\* 1 [міс] + 280[МДж/тонну]\*N [т],

де N - обсяг висушеного продукту за місяць.

Визначити:

1. Новий цільовий рівень споживання в режимі роботи сушарки (виходячи з очікуваного зниження витрати газу).

2. Фактичні поліпшення у вигляді:

• загальної економії енергії шляхом ізоляції;

• процентне скорочення, досягнуте в постійних втратах;

• загальна кількість зекономленої енергії при рекуперації;

• процентне скорочення в змінному навантаженні.

3. Яким було б споживання газу за 2018 р., якби не було вжито заходів щодо поліпшення?

4. Яка сумарна економія (в МДж та %)?

5. Чи збігаються сумарні заходи щодо поліпшення (ізоляція і рекуперація разом) з передбачуваними рівнями економії? Відповідь пояснити.

IV. З огляду на те, що ізоляція сушарки (разом з установкою обійдеться в (2400\*а+3000\*b) гривень, а система рекуперації в (30000\*а + 24000\*b) гривень, провести фінансову оцінку пропонованих заходів. Для кожного заходу визначити:

1. Термін окупності.

2. Чисту приведену вартість.

3. Внутрішню норму прибутку.

У розрахунках прийняти:

• термін служби ізоляції - 2 +b (років),

• термін служби системи рекуперації – 3 + а + b (років),

• вартість газу 12000 грн/ (тис.$м^{3}$),

• передбачуване збільшення вартості газу (10+b) % на рік,

• дисконтна ставка (20 + а) %.

Розрахунки і графіки зробити з використанням стандартного додатка Мicrosoft Ехсеl.

**8.2 Приклад розрахунку**

8.2.1 Регресійний аналіз

8.2.1.1 Виробництво і споживання в 2016 році

Варіант: a = 6; b = 5; с=10.

Завод споживає газ для сушарки продукту (солоду). Споживання газу і кількість просушеного матеріалу в період з січня по грудень 2016 р. наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Виробництво та споживання в 2016 році

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Споживання газу, МДж |
| Січень | 1225 | 775000 |
| Лютий | 1270 | 717500 |
| Березень | 1430 | 832500 |
| Квітень | 1450 | 842500 |
| Травень | 1360 | 762500 |
| Червень | 1290 | 655000 |
| Липень | 1150 | 673000 |
| Серпень | 1460 | 817500 |
| Вересень | 1080 | 631000 |
| Жовтень | 1300 | 759000 |
| Листопад | 1200 | 757500 |
| Грудень | 1320 | 755500 |

8.2.1.2 Стандартне рівняння

Будуємо діаграму виробництва і споживання в 2016 р., використовуючи дані з таблиці 8.1. Проводимо «лінію тренду» і отримуємо стандартне рівняння.

$$y=468,54x+141642$$

Базове навантаження: с=141642.

Змінне навантаження: m=$468,54$.

Коефіцієнт R² = 0,6722.

8.2.1.3 Стандартне споживання газу за 2016 рік

У таблиці 8.2 показано кількість газу, яку було б спожито в 2016 р., ґрунтуючись на стандартному рівнянні.

Таблиця 8.2 - Стандартне споживання газу за 2016 році

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Стандартне споживання, МДж | Розбіжність |
| Січень | 1225 | 715603 | -59397 |
| Лютий | 1270 | 736688 | 19188 |
| Березень | 1430 | 811654 | -20846 |
| Квітень | 1450 | 821025 | -21475 |
| Травень | 1360 | 778856 | 16356 |
| Червень | 1290 | 746059 | 91059 |
| Липень | 1150 | 680463 | 7463 |
| Серпень | 1460 | 825710 | 8210 |
| Вересень | 1080 | 647665 | 16665 |
| Жовтень | 1300 | 750744 | -8256 |
| Листопад | 1200 | 703890 | -53610 |
| Грудень | 1320 | 760115 | 4615 |

8.2.1.4 Місяці з показниками кращі за середні

У таблиці 8.3 показані місяці, в яких споживання газу кращі за середні.

Таблиця 8.3 - Краще споживання і виробництво в 2016 році

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Фактичне споживання, МДж | Стандартне споживання, МДж | Розбіжність, МДж |
| Лютий | 1270 | 717500 | 736688 | 19188 |
| Травень | 1360 | 762500 | 778856 | 16356 |
| Червень | 1290 | 655000 | 746059 | 91059 |
| Липень | 1150 | 673000 | 680463 | 7463 |
| Серпень | 1460 | 817500 | 825710 | 8210 |
| Вересень | 1080 | 631000 | 647665 | 16665 |

8.2.1.5 Цільове рівняння

На основі кращих показників по пункту 8.2.4. будуємо діаграму і отримуємо цільове рівняння:

$$у=467,64+119422$$

Базове навантаження: с=119422.

Змінне навантаження: m=467,64.

Коефіцієнт: R² = 0,7939.

8.2.1.6 Цільове споживання газу за 2016 рік

У табл. 8.4 показана кількість газу, яка була б спожита в 2016р. якби сушарка працювала за показниками кращих місяців, тобто ґрунтуючись на цільовому рівнянні.

Таблиця 8.4 - Цільове виробництво і споживання в 2016 році

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Фактичне споживання, МДж | Цільове споживання, МДж |
| Січень | 1225 | 775000 | 692281 |
| Лютий | 1270 | 717500 | 713325 |
| Березень | 1430 | 832500 | 788147 |
| Квітень | 1450 | 842500 | 797500 |
| Травень | 1360 | 762500 | 755412 |
| Червень | 1290 | 655000 | 722678 |
| Липень | 1150 | 673000 | 657208 |
| Серпень | 1460 | 817500 | 802176 |
| Вересень | 1080 | 631000 | 624473 |
| Жовтень | 1300 | 759000 | 727354 |
| Листопад | 1200 | 757500 | 680590 |
| Грудень | 1320 | 755500 | 736707 |

8.2.1.7 Потенційна економія енергії при цільовому споживанні в 2016 році

Розраховуємо потенційну економію енергії, якби всі місяці роботи показники відповідали цифрам цільового споживання. Результати розрахунків показані в таблиці 8.5.

Потенційна економія складе 280648 МДж.

Таблиця 8.5 - Потенційна економія енергії при цільовому споживанні

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Економія газу, МДж |
| Січень | 1225 | 82719 |
| Лютий | 1270 | 4175,2 |
| Березень | 1430 | 44352,8 |
| Квітень | 1450 | 45000 |
| Травень | 1360 | 7087,6 |
| Червень | 1290 | -67677,6 |
| Липень | 1150 | 15792 |
| Серпень | 1460 | 15323,6 |
| Вересень | 1080 | 6526,8 |
| Жовтень | 1300 | 31646 |
| Листопад | 1200 | 76910 |
| Грудень | 1320 | 18793,2 |
|  |  | 280648,6 |



Рисунок 8.1. – Виробництво і споживання в 2016році

8.2.2 Кумулятивна сума

8.2.2.1 Виробництво і споживання в 2017 році

Виробництво і споживання за січень - грудень 2017 року на заводі наведено в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 - Виробництво та споживання у 2017 році

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Фактичне споживання, МДж |
| Січень | 1475 | 650000 |
| Лютий | 1150 | 706500 |
| Березень | 1580 | 775000 |
| Квітень | 1343 | 763500 |
| Травень | 1244 | 591000 |
| Червень | 1400 | 698500 |
| Липень | 1220 | 739500 |
| Серпень | 1387 | 604500 |
| Вересень | 1218 | 679000 |
| Жовтень | 1177 | 568000 |
| Листопад | 1308 | 692000 |
| Грудень | 1230 | 677000 |

8.2.2.2 Стандартна кількість газу

Розраховуємо стандартна кількість газу, яке б використано в кожному з дванадцяти місяців, якби пряма споживання перебувала безпосередньо на «найбільш підходящою прямий» даних за 2000 р. (Що відповідає стандартному рівнянню в пункті 1). Дані зведені в таблицю 8.7.

Таблиця 8.7 - Стандартне споживання газу відповідно лінії за 2016 рік

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Фактичне споживання, МДж | Стандартне споживання, МДж |
| Січень | 1475 | 650000 | 815038,5 |
| Лютий | 1150 | 706500 | 666663 |
| Березень | 1580 | 775000 | 862975,2 |
| Квітень | 1343 | 763500 | 754775,22 |
| Травень | 1244 | 591000 | 709577,76 |
| Червень | 1400 | 698500 | 780798 |
| Липень | 1220 | 739500 | 698620,8 |
| Серпень | 1387 | 604500 | 774862,98 |
| Вересень | 1218 | 679000 | 697707,72 |
| Жовтень | 1177 | 568000 | 678989,58 |
| Листопад | 1308 | 692000 | 738796,32 |
| Грудень | 1230 | 677000 | 703186,2 |

8.2.2.3 Розрахунок кумулятивної суми

Для кожного місяця визначаємо місячні відхилення (тобто стандартні значення - фактичні), і відхилення кумулятивної суми. Отримані дані зведені в таблицю 8.8.

Таблиця 8.8 - Місячні відхилення в споживанні газу і кумулятивна сума

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Виробництво, т | Фактичне споживання, МДж | Стандартне споживання, МДж | Відхилення, МДж | Кумулятивна сума, МДж |
| Січень | 1475 | 650000 | 815038 | 165039 | 165039 |
| Лютий | 1150 | 706500 | 666663 | -39837 | 125202 |
| Березень | 1580 | 775000 | 862975 | 87975 | 213177 |
| Квітень | 1343 | 763500 | 754775 | -8725 | 204452 |
| Травень | 1244 | 591000 | 709577 | 118577 | 323030 |
| Червень | 1400 | 698500 | 780798 | 82298 | 405328 |
| Липень | 1220 | 739500 | 698620 | -40879 | 364449 |
| Серпень | 1387 | 604500 | 774863 | 170363 | 534812 |
| Вересень | 1218 | 679000 | 697707 | 18708 | 553520 |
| Жовтень | 1177 | 568000 | 678990 | 110990 | 664509 |
| Листопад | 1308 | 692000 | 738796 | 46796 | 711305 |
| Грудень | 1230 | 677000 | 703186 | 26186 | 737491 |

8.2.2.3 Аналіз отриманих результатів

Графік відхилень кумулятивної суми місячного споживання газу в 2017 р. показує: якщо пряма споживання газу відповідає стандартному рівнянню за 2017 р., то за рік економія в споживанні газу для сушарки солоду складе 737491 МДж, отже, завод працює ефективно.

Завод перевитратив енергію в лютому на 39837 квітні на 8725 МДж і в липні на 40879 МДж.

Результати обчислень показані на рисунку 8.2.



Рисунок 8.2 – Графік кумулятивної суми в споживанні газу в 2017 році

8.2.3 Аналіз заходів з поліпшення роботи сушарки

Передбачається, що додаткова ізоляція скоротить споживання газу в порівнянні з постійними втратами на 5,5 \* 4 = 22 кВт, і система рекуперації скоротить змінне споживання газу на 40%. Система в використанні 500 годин/місяць. Ізоляція і система рекуперації були встановлені в період новорічних свят.

Результат роботи сушарки в 2018 р.:

1. Загальна кількість висушеного продукту, т:

$$2400\*6=14400$$

2. Загальне споживання газу, МДж:

$$670880\*6+107200\*4=4561280$$

За аналізом роботи сушарки в 2018 р. отримано наступне рівняння регресії, МДж:

Газ (МДж)=8950\*b [МДж/міс] \*12 [міс] + 280 [МДж/тонну] \* N [тон]

Газ (МДж)= 280\*N+8950\*10\*1

де N – обсяг висушеного продукту за місяць, т

8.2.3.1 Новий цільовий рівень споживання в роботі сушарки, виходячи з очікуваного зниження витрати газу

*Стандартне рівняння для 2016 році:*

$$y= 468,54x + 141642$$

де: m =$468,54$ – змінне навантаження;

с = $141642$ – базове навантаження.

*Новий цільовий рівень споживання в режимі роботи сушарки (виходячи з очікуваного зниження витрати газу)*

1. Зниження постійних втрат на МДж/міс:

$$5,5\*5\*500\*3,6=49500$$

2. Зниження постійних втрат на МДж/рік:

$$49500\*12=594000$$

3. Зниження змінного споживання газу частки становить 40%.

4. Зниження змінного споживання газу МДж/т:

$$468,54\*40\%=187,416$$

5. Зниження змінного споживання газу МДж/рік:

$$2400\*6\*187,416=2698790$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 8.9.

Таблиця 8.9 - Результати розрахунків

|  |  |
| --- | --- |
| Зниження постійних втрат на МДж/міс | 49500 |
| Зниження постійних втрат на МДж /рік | 594000 |
| Зниження змінного споживання газу частки | 0,4 |
| Зниження змінного споживання газу МДж/т | 187,41 |
| Зниження змінного споживання газу МДж/рік | 2698790 |

Складаємо цільове рівняння для 2018 р. (з урахуванням запропонованих поліпшень):

Базове навантаження: с=$141642 $- 49500=92142.

Змінне навантаження: m=$468,54 $- 187,41=281,12.

Цільове рівняння:

$$y=281,12x+92142$$

Розраховуємо споживання газу, виходячи з цільового рівняння:

$$281,12\*14400+92142\*12=5153890 МДж/рік$$

8.2.3.2 Фактичне покращення

*Загальна економії енергії шляхом ізоляції*

1. Постійні витрати до поліпшення дорівнюють 141642 МДж/міс.

2. Фактичні постійні витрати після поліпшення, МДж/міс:

$$8950\*5=44750$$

3. Загальна економія за місяць, МДж/міс:

$$141642-44750=96892$$

4. Загальна економія за рік, МДж/рік:

$$96892\*12=1162704$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 8.10

Таблиця 8.10 - Результати розрахунків

|  |  |
| --- | --- |
| Постійні витрати до поліпшення | 141642 |
| Фактичні постійні витрати після поліпшення | 44750 |
| Загальна економія в місяць, МДж/міс | 96892 |
| Загальна економія за рік, МДж/рік | 1162704 |

*Відсоткове скорочення, досягнуте в постійних витратах*

Відсоткове скорочення, досягнуте в постійних витратах становить 68,41%.

*Загальна кількість зекономленої енергії при рекуперації*

1. Змінні витрати до поліпшення дорівнюють 468,54 МДж/т.

2. Фактичні змінні витрати після поліпшення дорівнюють 280 МДж/т.

3. Загальна економія, МДж/т:

$$468,54-280=188,54$$

4. Загальна економія за рік, МДж/рік:

$$188,54\*14400=2714976$$

Результати розрахунків занесені в таблицю 8.11.

Таблиця 8.11 - Результати розрахунків

|  |  |
| --- | --- |
| Змінні витрати до поліпшення, МДж/т | 468,54 |
| Фактичні змінні витрати після поліпшення, МДж/т | 280 |
| Загальна економія, МДж/т | 188,54 |
| Загальна економія, МДж/рік | 2714976 |

*Відсоткове скорочення в змінному навантаженні*

Відсоткове скорочення в змінному навантаженні становить 40,24%.

8.2.3.3 Яким було б споживання газу за 2018 рік, якби не було вжито заходів щодо поліпшення

Стандартне рівняння:

$$y=468,54x+141642$$

Розраховуємо споживання газу, якщо б не було вжито заходів щодо поліпшення.

$468,54\*14400+141642\*12=8446680 $МДж/год

8.2.3.4 Сумарна економія

Сумарна економія, в МДж:

$$8446680-4561280=3885400 Мдж$$

У відсотках сумарна економія становить:

$$100-100\*\frac{4561280}{8446680}=46\%$$

8.2.3.5 Чи збігаються сумарні заходи щодо поліпшення (ізоляції і рекуперації разом) з передбачуваними рівнями економії?

Розраховуємо сумарні рівні економії:

1. Фактична економія становить 3885400 МДж/рік або 46%.

2. Очікувана економія становить:

$$8446680-5153890=3292790 МДж/рік.$$

Що у відсотках становить 39%.

Після впровадження ізоляції фактична економія постійних втрат вийшла більше ніж передбачувана на величину:

$3885400-3292790=592610 $МДж/рік

Сумарні рівні економії при введенні запропонованих заходів:

Фактичні: 46% або $3885400 $МДж/рік.

Очікувані: 39% або $3292790 $МДж/рік.

Наведені процентні рівні економії мають розбіжність в 7%, де фактичний сумарний рівень дещо краще передбачуваного внаслідок більшого процентного зниження змінних витрат.

8.2.4 Фінансова оцінка

Ізоляція сушарки (разом з установкою) обійдеться в 4900 грн., а вартість системи рекуперації становить 50000 грн.

Термін служби ізоляції складе 7 років.

Термін служби рекуперації – 14 років.

Вартість газу становить 3000 грн/(тис.$м^{3}$)

Очікуване збільшення вартості газу становить 25% на рік.

Дисконтна ставка – 46%.

8.2.4.1 Термін окупності

*Система ізоляції*

Економія від проекту становить 1162704 МДж/рік або 91792 грн/рік.

Термін окупності:

$$\frac{4900}{91792}=0,053 року.$$

*Система рекуперації*

Економія від проекту становить 2714976 МДж/рік або 214340 грн/рік.

Термін окупності:

$$\frac{50000}{214340 }=0,23 року.$$

8.2.4.2 Чиста приведена вартість

Розраховуємо ЧПВ для системи ізоляції (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12 - Чиста приведена вартість для системи ізоляції.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Коеф.компаунд. | Витрати, грн | Вигоди, грн | Коеф. дискон. | Потік коштів | Сьогоднішня вартість |
| 2018 | 0 | -4900 | 0 | 1 | -4900 | -4900 |
| 2019 | 1 | 0 | 91792 | 0,68 | 91792 | 62872 |
| 2020 | 1,25 | 0 | 114741 | 0,47 | 114741 | 53828 |
| 2021 | 1,56 | 0 | 143426 | 0,32 | 143426 | 46086 |
| 2022 | 1,95 | 0 | 179282 | 0,22 | 179282 | 39457 |
| 2023 | 2,44 | 0 | 224103 | 0,15 | 224103 | 33782 |
| 2024 | 3,05 | 0 | 280128 | 0,10 | 280128 | 28923 |
|  |  |  |  |  |  | 260048 |

ЧПВ для системи ізоляції становить 260048 грн.

Розраховуємо ЧПВ для системи рекуперації (таблиця 8.13).

Таблиця 8.13 - Чиста приведена вартість для системи рекуперації.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Коефіц. компаунд. | Витрати, грн | Вигоди, грн | Коефіц.дискон. | Потік коштів | Сьогоднішня вартість |
| 2018 | 0 | -50000 | 0 | 1 | -5000 | -5000 |
| 2019 | 1 | 0 | 214340 | 0,68 | 214340 | 146808 |
| 2020 | 1,25 | 0 | 267925 | 0,47 | 267925 | 125692 |
| 2021 | 1,56 | 0 | 334907 | 0,32 | 334906 | 107613 |
| 2022 | 1,95 | 0 | 418633 | 0,22 | 418633 | 92135 |
| 2023 | 2,44 | 0 | 523292 | 0,15 | 523292 | 78882 |
| 2024 | 3,05 | 0 | 654114 | 0,10 | 654114 | 67536 |
| 2025 | 3,81 | 0 | 817643 | 0,071 | 817643 | 57822 |
| 2026 | 4,77 | 0 | 1022054 | 0,048 | 1022054 | 49505 |
| 2027 | 5,96 | 0 | 1277567 | 0,033 | 1277567 | 42385 |
| 2030 | 7,45 | 0 | 1596959 | 0,023 | 1596959 | 36288 |
| 2031 | 9,31 | 0 | 1996199 | 0,016 | 1996199 | 31069 |
| 2032 | 11,64 | 0 | 2495249 | 0,011 | 2495248 | 26600 |
| 2033 | 14,55 | 0 | 3119061 | 0,0073 | 3119061 | 22774 |
|  |  |  |  |  |  | 835109 |

ЧПВ для системи рекуперації становить 835109 грн.

8.2.4.3 Внутрішня норма прибутку

Розраховуємо ВНП для системи ізоляції (таблиця 8.14).

ВНП для системи ізоляції становить 1898,3%.

Розраховуємо ВНП для системи рекуперації (таблиця 8.15).

Таблиця 8.14 - Внутрішня норма прибутку для системи ізоляції

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Коефіцієнтдисконтування | Потік коштів, грн | Сьогоднішнявартість | ВНП,% |
| 2018 | 1 | -4900 | -4900 | 1898,3 |
| 2019 | 0,050 | 91792 | 459,35 |  |
| 2020 | 0,0025 | 114741 | 28,73 |  |
| 2021 | 0,000125 | 143426 | 1,797361 |  |
| 2022 | 6,2711E-06 | 179282 | 0,11243 |  |
| 2023 | 3,1382E-07 | 224100 | 0,007033 |  |
| 2024 | 1,5704E-08 | 280120 | 0,00044 |  |
|  |  |  | 7,72E-06 |  |

Таблиця 8.15 - Внутрішня норма прибутку для системи ізоляції.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Коефіцієнтдисконтування | Потік коштів, грн | Сьогоднішнявартість | ВНП,% |
| 2018 | 1 | -50000 | -50000 | 453,7 |
| 2019 | 0,181 | 214340 | 38712 |  |
| 2020 | 0,033 | 267925 | 8740 |  |
| 2021 | 0,0059 | 334907 | 1973 |  |
| 2022 | 0,0011 | 418633 | 445 |  |
| 2023 | 0,0002 | 523292 | 101 |  |
| 2024 | 3,47E-05 | 654114 | 22 |  |
| 2025 | 6,27E-06 | 817643 | 5 |  |
| 2026 | 1,13E-06 | 1022054 | 1,2 |  |
| 2027 | 2,04E-07 | 1277567 | 0,26 |  |
| 2030 | 3,69E-08 | 1596959 | 0,059 |  |
| 2031 | 6,67E-09 | 1996199 | 0,013 |  |
| 2032 | 1,20E-09 | 2495248 | 0,003 |  |
| 2033 | 2,18E-10 | 3119061 | 6,79E-04 |  |
|  |  |  | 0,00021 |  |

ВНП для системи рекуперації становить 453,7%.

Пропоновані заходи щодо роботи сушарки дають високу ефективність.

Сумарна економія становить 306133 грн/рік економії.

Термін окупності становить 2,15 місяців.

**Висновки**

В даній контрольній роботі було проведено регресійний аналіз споживання газу в період з січня по грудень 2016 р. Розрахована потенційна економія складе 280648 МДж.

Розрахована кумулятивна сума. Графік відхилень кумулятивної суми місячного споживання газу в 2017 р. показує, що якщо пряма споживання газу відповідає стандартному рівняння за 2016 р., то за рік економія в споживанні газу для сушарки солоду складе 737491 МДж, отже, завод працює ефективно. Завод перевитратив енергію в лютому на 39837, в квітні на 8725 МДж і в липні на 40879 МДж.

Зроблено аналіз заходів поліпшення роботи сушарки, також виконана фінансова оцінка. Пропоновані заходи щодо роботи сушарки дають високу ефективність. Сумарна економія становить 306132 грн/рік економії. Термін окупності становить 2,15 місяців.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Энергетический менеджмент/ А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко и др. – Киев: ИЭЭ НТУУ «КПИ», 2001. – 472 с.
2. ДСТУ 4065 – 2001 Енергозбереження. Енергоаудит. Загальні вимоги – Київ, 2002.
3. Бердышев Н.Ю. Энергетический менеджмент. Методические указания к выполнению контрольной работы. Запорожье: Издательство ЗГИА, 2003. – 40 с.
4. Бердишев М.Ю. Енергетичний менеджмент. Методичні вказівки до практичних занять для студентів ЗДІА. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2004. – 24 с.
5. Бердишев М.Ю. Методичні вказівки до контрольної роботи для студентів ЗДІА з дисципліни «Економічні і екологічні аспекти енергозбереження». Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2007. - 27 с.
6. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Київ, 1999.
7. Бердышев Н. Ю. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. Конспект лекций. ЗГИА.- 2004. 70с.
8. Закон України «Про енергоефективність».
9. ДСТУ ISO 50001 : 2014 «Системи енергетичного менеджменту».
10. ДСТУ 4472 : 2005 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту.
11. ДСТУ 2155-93 Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження.
12. Міжнародний протокол вимірювання та верифікації ефективності (IPMVP). ([www.evo-world.org](http://www.evo-world.org/)).
13. Енергетичний аудит. Навчально-методичний посібник. Для студентів ЗДІА спеціальності 7.090510, “Теплоенергетика” всіх форм навчання/ Укл.: М.Ю. Бердишев. Запоріжжя, 2008. - 126с.