

УДК 621.311.003.13

Карнажук Т.Р.

науковий керівник: к.т.н., доц. Бориченко О.В.

Кафедра електропостачання

МОНІТОРИНГ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

Анотація: В статті розглянуті існуючі методи моніторингу ефективності впровадження енергозберігаючих заходів, які ґрунтуються на зборі та аналізі даних про споживання енергії та параметрах виробничих умов. Основними методами моніторингу енергоефективності є: моніторинг термодинамічної установки, моніторинг питомого споживання енергії, моніторинг на основі регресійного аналізу.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, потенціал енергозбереження, моніторинг, енергозберігаючий захід.

Abstract: The article considers the existing methods of monitoring the effectiveness of the implementation of energy-saving measures, which are based on the collection and analysis of data on energy consumption and parameters of production conditions. The main methods of energy efficiency monitoring are: monitoring of thermodynamic installation, monitoring of specific energy consumption, monitoring based on regression analysis.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy saving potential, monitoring, energy saving measure.

Вступ. На сьогодні енергозбереження є однією з актуальних і важливих проблем для сучасних підприємств, установ і компаній. Сучасні напрямки енергозбереження включають в себе економію енергоресурсів і підвищення ефективності процесу виробництва.

Для розуміння потенціалу енергоефективності необхідно збирати та аналізувати дані про споживання енергії. Потім можуть бути встановлені цілі споживання енергії, а фактичне споживання енергії можна виміряти відповідно до цілей. Це, по суті, можна назвати моніторингом та встановленням цілей.

Моніторинг та встановлення цілей - це техніка управління енергією, яка використовує дані споживання енергії та інші дані як основу для усунення відходів, зменшення та контролю споживання енергії [1]. Моніторинг та встановлення цілей мають величезний потенціал у всьому світі для економії енергії без капітальних вкладень.

Мета та завдання. Метою даної статті є визначення ефективності впровадження енергозберігаючих заходів ґрунтуючись на основних методах моніторингу енергоефективності.

Матеріал і результати досліджень. Для проведення моніторингу та встановлення цілей на підприємстві необхідно зібрати дані про споживання основних енергетичних ресурсів, таких як: електроенергія, теплова енергія, газ та ін. Також необхідно зібрати дані про використання енергетичних ресурсів значними споживачами енергії (котлами, печами, парогенераторами, сушарками тощо). Як правило, доцільно починати моніторинг та встановлення цілей з даних, які є доступними, а не чекати, коли всі бажані дані будуть зібрані.

Після збору даних потрібно провести їх аналіз. Існує кілька методів аналізу даних про споживання енергії, які і будуть розглянуті далі.

Першим і найпростішим методом є моніторинг термодинамічної ефективності установки. Цей метод ефективний для аналізу споживання енергії конкретним обладнанням

(котлами, холодильними установками, печами тощо). Кількість вихідної енергії порівнюється з кількістю вхідної для визначення коефіцієнта перетворення, який потім порівнюється з попередніми показниками [2]. Якщо коефіцієнт корисної дії установки змінюється, то це необхідно дослідити та визначити причину відхилення, тобто з'ясувати чи причина в системі, або це пов'язано зі зміною навантаження на систему.

При аналізі даних на самому базовому рівні використовують порівняння поточного і попереднього споживання енергії [2,3]. Цей метод показує кількісні зміни використання енергетичного ресурсу, але не несе інформацію про причини цих змін. Такий аналіз можна представити за допомогою графіка, як на рис. 1, де показано щомісячне споживання енергетичного ресурсу.

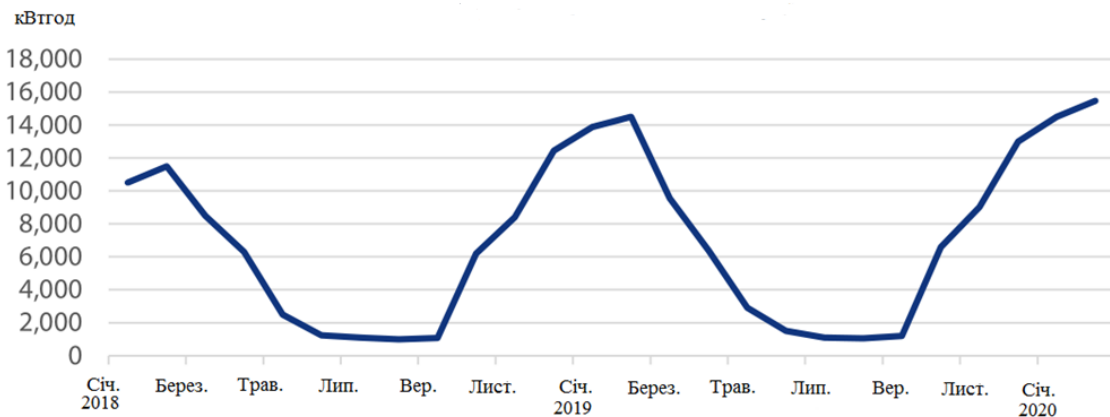


Рисунок 1 – Щомісячне споживання енергії

Ті ж самі дані можуть накопичуватися з часом, що дозволить продемонструвати довгострокові тенденції та усунути сезонні наслідки, такі як погода. На рис. 2 показано загальне споживання енергії за 12 місяців за даними, показаними на рис. 1, і в даному випадку надається краща інформація. Графік показує чітку тенденцію до зростання споживання енергії, хоча це знову ж таки не вказує на причину.

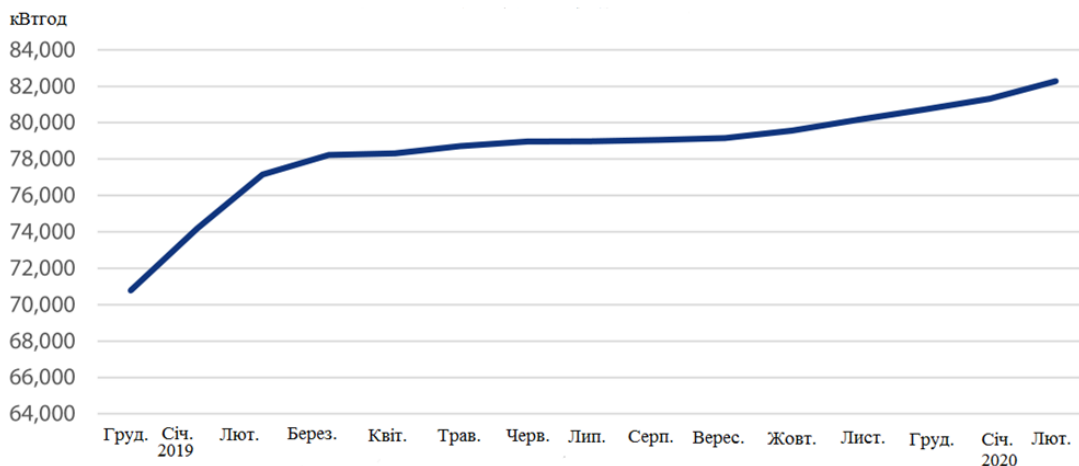


Рисунок 2 – Річне споживання енергії

Для подальшого аналізу використовують моніторинг питомого споживання енергії, яке вимірюється як кількість спожитої енергії на одиницю виробленої продукції. Такий метод корисний для порівняльного оцінювання щодо інших компаній, котрі виробляють у подібному середовищі, а також для визначення тенденцій на глобальному, державному чи галузевому

рівні. Але для моніторингу енергоефективності цей показник потрібно використовувати обережно, оскільки він може покращитися виключно завдяки підвищеному попиту з боку ринку, а не за рахунок енергозберігаючих ініціатив.

Для більшості процесів споживана енергія складається з: фіксованої кількості (її також називають «базовим навантаженням»), яка споживається незалежно від обсягу виробництва, і змінної кількості, яка збільшується зі збільшенням обсягу виробництва [2]. Питоме споживання енергії зазвичай падає у міру збільшення обсягу виробництва, що і показано на рис. 3. Тому моніторинг питомого споживання енергії є недосконалим для енергетичних показників.

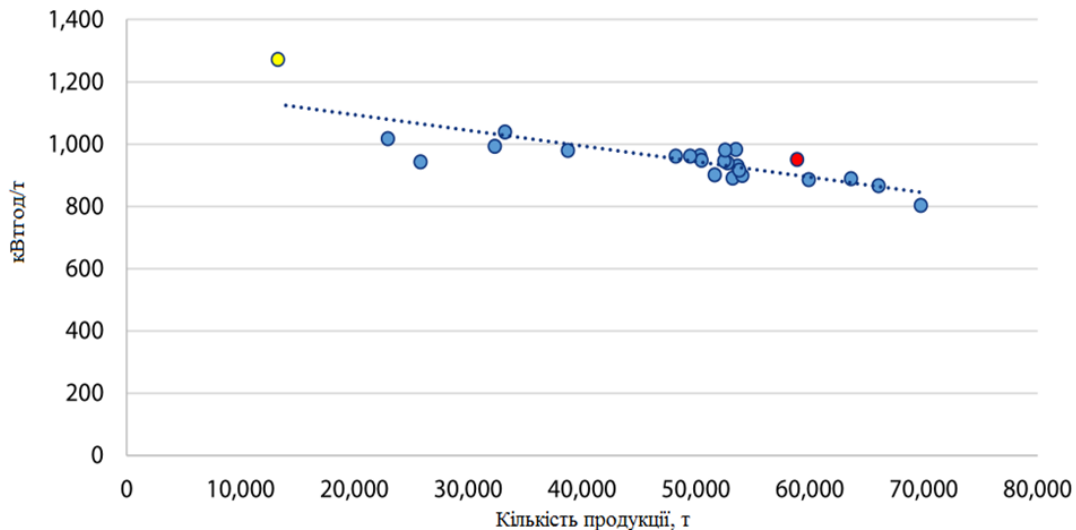


Рисунок 3 – Графік залежності питомого споживання від кількості випущеної продукції

Щоб вирішити проблему з конкретними споживачами, процеси в яких мають значне споживання енергії, можна використати регресійний аналіз для виявлення залежності між споживанням енергії та змінними, які впливають на це споживання (див. рис.4). Рівняння, розроблене за допомогою регресійного аналізу, називається рівнянням базової лінії. Цей базовий рівень є нормою, за якою проводиться аналіз, тому він повинен базуватися на даних періоду, коли рівень виробництва та споживання енергії є відносно нормальними. Потім необхідно порівняти фактичне споживання енергії з нормальним споживанням енергії [3].

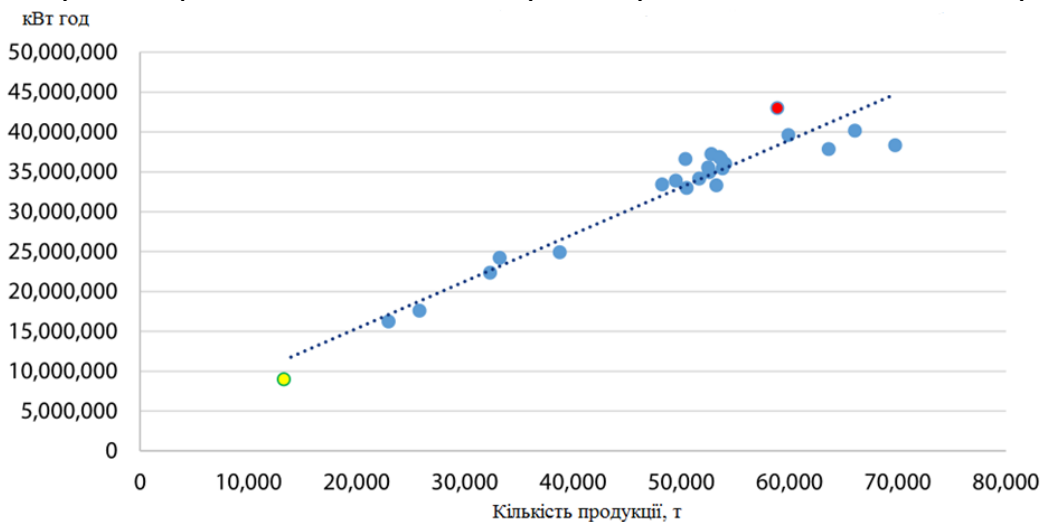


Рисунок 4 – Графік залежності місячного споживання від кількості випущеної продукції

На рис. 4 наведені ті ж самі дані, які використовуються на рис. 3. На цих графіках відповідні точки виділені жовтим та червоним кольором. На рис. 3 жовта крапка - це точка з високим питомим споживанням енергії, що виглядає як погана енергоефективність; та ж жовта крапка на рис. 4 нижче норми (тобто споживання було нижчим, ніж нормальне для цього рівня випуску), що вказує на хороші енергетичні показники. Водночас червона крапка на рис. 3 позначає місяць з низьким питомим споживанням енергії; ця ж червона крапка на рис. 4 показує, що споживання енергії перевищує норму для цього рівня виробництва, що свідчить про низькі показники енергоресурсів.

Часто існує більше однієї змінної, яка впливає на споживання енергії. Тоді використовується багатокритеріальна регресія для встановлення базового рівня що описує нормальну залежність між споживанням енергії та факторами впливу.

Коли буде розроблена надійна базова лінія, залежність між фактичним споживанням та споживанням, передбаченим базовою лінією, використовується для відстеження енергетичних показників. Різниця між фактичним та базовим споживанням може бути побудована на контрольній діаграмі (див. рис. 5) з верхньою та нижньою межами, встановленими для відображення нормальних змін енергоспоживання.

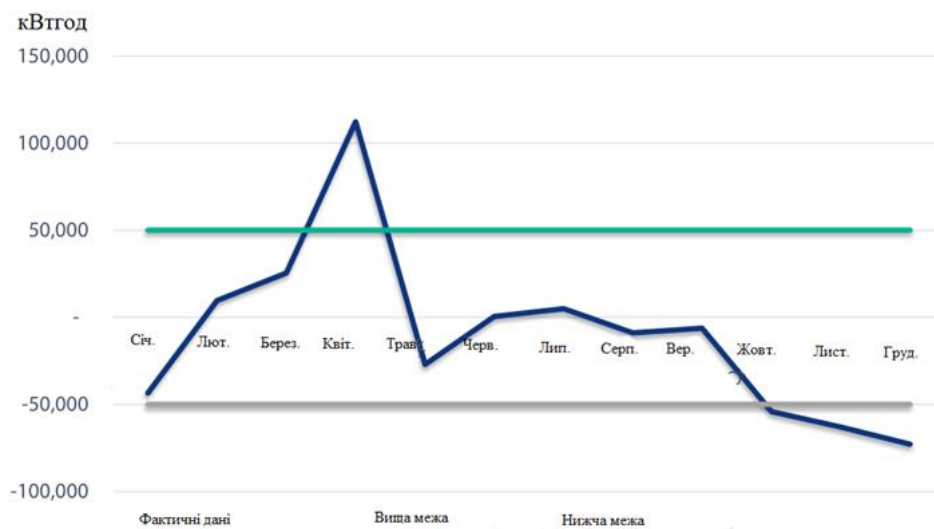


Рисунок 5 – Контрольна діаграма

Якщо дана різниця відхиляється вище верхньої межі, то це вказує на ненормальну подію, причини якої треба виявити та виправити. Якщо вона відхиляється нижче нижньої межі, то також потрібно знайти причини поліпшення працездатності та побачити, чи можуть обставини, які її спричинили, повторитися та стандартизуватися як звичайна практика. На рисунку квітень є періодом низької ефективності, який потребує дослідження для запобігання повторення, тоді як грудень - періодом хороших енергетичних показників, що також заслуговує на дослідження.

Для виявлення значних подій, що впливають на енергетичні показники може бути проаналізований графік CUSUM. Він складається з прямих ділянок, розділених кутами; кожен кут асоціюється зі зміною продуктивності, а кожен прямий відрізок асоціюється з часом, коли продуктивність стабільна.

На рис. 6 зображено CUSUM різниці між фактичним споживанням та базовою лінією, і ми бачимо, що фактичні показники були гіршими за показники базового рівня протягом першого кварталу. Потім було поступове покращення протягом II кварталу. За цим пішов період, який був значно кращим за базовий рівень до листопада. Проте у грудні року сталося зворотна тенденція, і енергетичні показники знову були гіршими, ніж базові, на що вказує той

факт, що лінія знову рухається вгору.

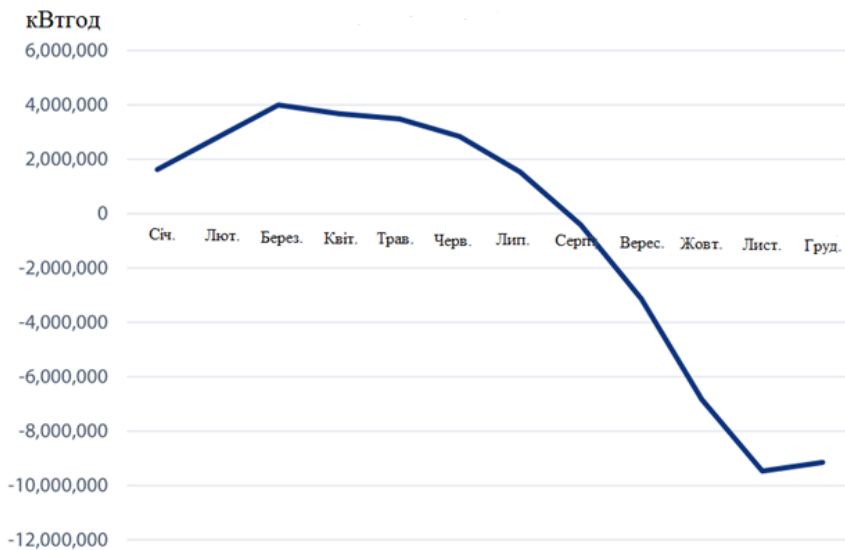


Рисунок 6 – CUSUM різниці між фактичним споживанням та базовою лінією

Після ефективного контролю споживання енергії, зібрану інформацію слід використовувати для встановлення цілей. На практиці врахування відповідних змінних за допомогою регресійного аналізу часто є найбільш ефективним методом розробки цілей.

Для забезпечення моніторингу та встановлення цілей існує багато програмних пакетів, які можуть бути дуже корисними, особливо у випадках, коли є кілька процесів чи кілька змінних. Зазвичай програмне забезпечення збирає дані енергоспоживання з лічильників енергії за допомогою реєстраторів даних.

Програмне забезпечення аналізує дані для отримання корисної інформації, включаючи споживання енергії та витрати, базові лінії, розроблені за допомогою регресійного аналізу, контрольних діаграм та графіків CUSUM.

Слід зазначити, що стандартний пакет Excel може забезпечити більшість функціональних можливостей, які надає програмне забезпечення для моніторингу та встановлення цілей. Однак хороший програмний пакет, що використовується розумно, може заощадити багато часу і, як результат, може бути дуже економічно вигідним.

Висновки. Моніторинг та встановлення цілей є життєво важливим елементом кожної ефективної програми енергоменеджменту. Він може потенційно забезпечити значну економію енергії, а також може слугувати системою раннього попередження, яка може покращити якість, надійність та безпеку. Загалом, це не є ні дорогим, ні складним. Усі організації зі значним споживанням енергії повинні практикувати моніторинг та встановлення цілей, для вирішення проблем збереження енергії.

Список використаних джерел.

1. Праховник А. В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, О. В. Бориченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2009. – № 8 (66). – С. 41–54.
2. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту // Вісник КНУТД. – 2013. - №6. – С. 67-77.
3. Находов В.Ф. Проблема контролю ефективності енерговикористання – основа практичного вирішення задач енергозбереження / В.Ф. Находов, О.В. Бориченко// Энергозбереження, екологія, ефективність: шляхи зниження енергозалежності України: міжнар. конф., 14 травня 2008 р.: тези доп. – К.: – 2008. – С. 55-57.