

АДАПТАЦІЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ СТАЛІСТЮ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Н. С. Дрешпак, к. т. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка», dreshpak.n.s@ntu.one, orcid.org/0000-0002-4453-1378

Методологія дослідження. Застосовано метод структурного аналізу – при розгляді системи енергоменеджменту відносно вимог стандарту ISO 50001. Здійснено аналіз за методом співставлення– при визначенні складових стандартної системи енергоменеджменту та розробленні функцій системи енергоменеджменту вугільної шахти. Використано регресійний аналіз – при формуванні планових показників енергоспоживання вугільної шахти.

Результати. Встановлена необхідність розробки додаткового методичного забезпечення для реалізації в практиці енергоменеджменту позицій стандарту ISO 50001. Доведено, що таке методичне забезпечення повинно враховувати особливості виробничої діяльності підприємств галузі промисловості, а також умови виробництва продукції конкретним підприємством. Розглянуто приклад такої розробки для вугільних шахт України.

Новизна. Зважаючи на відсутність в стандарті ISO 50001 достатнього методичного забезпечення процесу розробки системи енергоменеджменту, доведена необхідність розробки елементів, що враховують конкретні особливості виробництва продукції. В умовах вугільної шахти зосереджено увагу на послідовності формування планових показників, порядку контролю енергоспоживання, інформаційному забезпеченні процесу.

Практична значущість. Сформульовано завдання для розробників систем енергоменеджменту в рамках стандарту ISO 50001, яке полягає в визначенні додаткових елементів методичного забезпечення процесу з урахуванням конкретних особливостей виробництва продукції. Розглянуто приклад формування планових показників, порядку виконання контролю енергоспоживання в умовах видобутку вугілля.

Ключові слова: енергоефективність, сталий розвиток, енергетичний пакет, енергетична трилема, енергетичний менеджмент, система контролю енергоефективності.

Постановка проблеми. Промислові підприємства використовують близько 38 % світового обсягу спожитих енергоресурсів. Вони є генераторами виникнення 24% загальних викидів CO₂ [1, с.49]. Надмірне енергоспоживання веде до суттєвих екологічних наслідків та виснаження природних обмежених ресурсів.

Проте проблема високої енергоємності валового внутрішнього продукту України пов'язана не лише з використанням енергоємного обладнання та застарілих технологій, але й завдяки відсутності системного розуміння і управління процесами використання та споживання енергоресурсів [2, с.10]. Визнанням в світі шляхом вирішення таких проблем є впровадження систем енергетич-

ного менеджменту (СЕНМ), що відповідають міжнародному стандарту ISO 50001.

За 2018–2019 роки найбільшу кількість сертифікатів ISO 50001 отримали підприємства металургійної, харчової та хімічної промисловості [3, с.99]. Досвід Німеччини, Чеської республіки та ін. показує, що підприємства, впроваджуючи сучасні СЕНМ, при мінімальних капіталовкладеннях вже протягом перших років отримують підвищення енергоефективності у межах 10–20% [4, с.1]. В країні цей рух тільки починається. Тому вкрай важливо досліджувати та розробляти сучасні моделі управління енергетичною сталістю промислових підприємств, особливо для ланцюгів високоенергоємних галузей, таких як металургія.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах вітчизняних авторів, що стосуються підвищення енергоефективності промислових підприємств, увага більшою мірою приділялась аналізу відомих технічних рішень та визначенню числових значень показників, які можуть бути досягнуті завдяки управлінським рішенням (А. Праховник) [5, с.390]. Їх використання мало позитивні наслідки для економіки країни. В той же час, була відсутня системність рішень, що суттєво обмежувало можливості радикального вирішення проблеми. Наступний крок полягав у широкому використанні енергетичних аудитів (Г. Півняк) [6, с.84], уточнення методики їх виконання та визначення специфіки. Основний недолік проведення аудитів полягає в значних проміжках часу між контролем. Ефект безперервності контролю забезпечують системи енергоменеджменту, що суттєво підвищує їх ефективність (С. Випанасенко) [6, с.9].

Формулювання мети статті. Метою є аналіз існуючих підходів до визначення і впровадження моделі систем енергетичного менеджменту промислових підприємств в рамках стандарту ISO 50001, визначення особливостей їх застосування вугільними шахтами України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до вимог ISO 50001 цикл функціонування СЕНМ ґрунтується на методології, відомій як «цикл постійного поліпшення» або «цикл Демінга», і може бути представлений наступними чотирма етапами [2, с.19]. Перший етап – Plan (Плануй) передбачає планування діяльності підприємства в звітному періоді шляхом встановлення цілей і задач, а також робочих планів та ресурсів, необхідних для досягнення результатів. Другий етап – Do (Роби) забезпечує впровадження та виконання запланованих дій, спрямованих на виконання політики, цілей та задач енергозбереження. Третій етап – Check (Перевірй) передбачає здійснення постійного моніторингу роботи СЕНМ та показників споживання енергетичних ресурсів. Четвертий етап – Act (Дій) відповідає виконанню дій з безперервного вдосконалення виконання процесу споживання енергетичних ресурсів та вимог стандарту з

обов'язковою участю найвищого керівництва.

Таким чином, енергетичний менеджмент, що реалізує система, є комплексом *безперервних* процесів та інструментів, які поєднанні з бізнес-процесами будь-якої організації, зокрема, з виробництвом промислової продукції. Слід звернути увагу на те, що система енергоменеджменту є замкнутою системою, де формуються планові показники і забезпечується їх виконання шляхом реалізації управлінських дій. Важливо також те, що діяльність системи розповсюджується на сукупність технологічних процесів, пов'язаних з випуском продукції. Очевидно, що при вирішенні завдань підвищення енергоефективності виробничих процесів, слід орієнтуватися на планування показників енергоємності технологічних процесів і забезпечити в процесі виробництва продукції їх прийнятні (з точки зору енергозбереження) значення. Важливою операцією, яка забезпечує роботу системи енергоменеджменту, є контроль ефективності використання енергії структурними підрозділами підприємства. Для контролю ефективності процесів в структурних підрозділах розраховують планові показники енергоспоживання та порівнюють їх з фактичними показниками. Співставлення планових показників з фактичними даними дає можливість робити висновки про ефективність енерговикористання даним об'єктом.

Запропонована структура СЕНМ в рамках стандарту ISO 50001 не конкретизує зміст перерахованих операцій (планування, поліпшення, оцінювання і т. п.). Очевидно, що їх наповнення може бути різним і відповідати конкретним особливостям виробничого процесу. Завдання конкретизації цих складових покладається на розробників системи, яка буде функціонувати в умовах конкретного виробництва. Обґрунтування прийнятих розробниками рішень складають їх новизну як наукових досліджень.

Як приклад, розглянемо особливості конкретизації рішень, запропонованих при створенні систем енергоменеджменту вугільних шахт України. Електрична енергія, як правило, складає основу енергоспоживання вугільних шахт. В обов'язковому порядку шахти мають лічильники комерційно-

го обліку, які встановлені на вводі підстанції, та, як правило, мають лічильники технічного обліку, встановлені для визначення енерговитрат споживачів. Ці ознаки згідно [6, с.10] відповідають другому та третьому рівням контролю енергоспоживання.

Світова практика контролю та управління енерговикористанням передбачає виділення у виробничій структурі підприємства окремих підрозділів з самостійним контролем споживання енергії [6, с.8]. Такі виділені ланки отримали назву центрів обліку енергії (ЦОЕ). Виходячи з того, що ЦОЕ є об'єктом керування, слід звернути увагу на процедури його визначення, забезпечуючи ряд вимог, яким він повинен відповідати. Це значне енергоспоживання структурним підрозділом підприємства, на базі якого створюють ЦОЕ; облік всієї спожитої ЦОЕ енергії; призначення особи, яка буде відповідати за ефективність енергоспоживання ЦОЕ.

Для визначення найбільш енергоємних споживачів енергії проаналізуємо річні енергобаланси підприємства, де загальні її витрати розподіляються між окремими підрозділами та приймачами енергії. Для прикладу візьмемо вугільну шахту «Західнодонбаська №1», складові її енергобаланси є типовими для більшості шахт України, а саме: видобувні ділянки – 5,26%; підготовчі ділянки – 1,29%; підземний транспорт – 5,6%; кондиціонування повітря – 10,88%; підйом – 13,32%; водовідлив – 14,28%; вентиляція – 17,13%; технологічний комплекс – 3,75%; вироблення стислого повітря – 2,46 %; інші електроприймачі освітлення – 20,58.

Як бачимо, існують приймачі зі значними цифрами енергоспоживання. В першому наближенні кожній статті суттєвих витрат енергії повинен відповідати окремий ЦОЕ. Наскільки можливим є такий підхід до виділення центрів, покажуть результати виконання інших умов, характерних для ЦОЕ. Для цього необхідно проаналізувати структуру існуючої системи розподілу електроенергії на шахті. Як приклад, в [6, с.16] наведено принципову схему електропостачання шахти великої продуктивності з глибоким уводом напруги 110 кВ і двома головними знижувальними підстанціями (ГЗП). Аналіз схеми виявив, що на підстанціях шахти є фідери, які живлять вентиляційні

установки, компресори, скиповий та клітьовий підйоми тощо. Виділені також фідери для живлення підземних електроустановок. Таким чином, спостерігається відповідність в структурі схеми розподілу електроенергії і в структурі наведених раніше складових енергобалансу. Важливим кроком планування рівня споживання енергії ЦОЕ є визначення параметрів його рівня. При цьому необхідно забезпечити виконання двох вимог: цільові параметри повинні відображати кінцеву мету використання енергії в ЦОЕ (наприклад, обсяг виробленої продукції); має існувати можливість вимірювання як цільових, так і додаткових параметрів, що також впливають на енергоспоживання з необхідною точністю.

Часто основним (цільовим) параметром вважають показник обсягу випуску продукції. Якщо підрозділ підприємства спеціалізується на декількох видах продукції, то бажано здійснювати контроль енергоспоживання на кожній технологічній лінії. В умовах, коли виділення на цій основі окремих ЦОЕ є проблематичним (наприклад, при порівняно низьких показниках енергоспоживання окремих технологічних ліній), то можливе об'єднання в ЦОЕ декількох ліній. Для цього визначають загальний показник, що буде характеризувати обсяг енергоспоживання підрозділу в цілому.

При впровадженні на виробництві СЕНМ слід приділити увагу мотивації безпосередніх виконавців технологічних операцій, пов'язаних з випуском продукції. В створених ЦОЕ слід визначити посадовців, які будуть персонально відповідати за використання енергії. Оптимальним варіантом для застосування підходу до визначення ЦОЕ є наявність у структурі управління підрозділом посадовців, що відповідають за роботу окремих виробничих ділянок.

Формування планових показників енергоспоживання ЦОЕ здійснюється на основі статистичної обробки даних з використанням регресійних моделей [6, с.40]. Найбільш часто в практиці енергоменеджменту регресійна залежність представляється у вигляді похилої прямої (лінійна регресія). Якщо в результаті контролю споживання енергії фактичні енерговитрати перевищують середнє значення (виходячи з розта-

шування лінії регресії), то можна вважати, що отримані енергетичні витрати завищені, а такий рівень енергоспоживання є нераціональним використанням енергії. І навпаки – значення, розташовані нижче лінії регресії вказують на його раціональний рівень. Отже, лінія регресії є межею відокремлення задовільних результатів роботи ЦОЕ від незадовільних. У випадку незадовільних показників необхідно прийняти рішення щодо зниження енергоспоживання в рамках діючої системи енергоменеджменту.

За результатами контролю ефективності використання енергії в ЦОЕ повинні складатися звіти. При цьому має забезпечуватись повнота та достовірність отриманої інформації. Результати співставлення показників фактичного енергоспоживання з плановими можуть бути представлені у вигляді графіків, таблиць, діаграм [6, с. 54–56]. Результати контролю повинні бути доведені до персоналу ЦОЕ, обговорюватися та аналізуватися з метою поліпшення ситуації.

Розглянуті складові побудови та впровадження систем енергоменеджменту вугільних шахт не є відображенням всіх необхідних дій. Однак, при викладення матеріалу акцентовано на принципово важливих складових системи, без яких вона не може функціонувати. Це позиції, пов'язані з формуванням планових завдань, контролем та елементами управління енергоспоживанням.

Висновки. Запропонована стандартом ISO 50001 структура систем енергоменеджменту розкриває загальний підхід до їхньої побудови. Це системи замкнутого типу з елементами планування енергоспоживання, оцінювання його фактичного рівня та формування управлінських дій, які забезпечують підвищення енергоефективності процесів. Конкретне наповнення цих дій повинно здійснюватися розробниками систем з урахуванням особливостей як окремих галузей промисловості, так і підприємств, що здійснюють впровадження.

АДАПТАЦІЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧЕСКОЇ УСТОЙЧИВОСТЮ ПРОМИШЛЕННИХ ПРІДПРИЯТІЙ

Н. С. Дрешпак, к. т. н., доцент, НТУ «Дніпровська політехніка»

Методология исследования. Применен структурный анализ системы энергоменеджмента – при рассмотрении требований стандарта ISO 50001. Сопоставление составляющих

Література

- 1 Digitalization and Energy: Technology Report 2017. OECD/IEA, 2017. URL : <http://www.iea.org/digital>.
- 2 Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018: практичний посібник / А. В. Чернявський та ін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 136 с. – URL : http://www.ukriee.org.ua/wpcontent/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf.
- 3 Energy efficiency 2020: Fuel report. OECD/IEA, 2017. – URL : <http://www.iea.org/digital>.
- 4 Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження, 2016. – URL : <http://sae.gov.ua/uk/news/1184>.
- 5 Праховник, А. В. Контроль і нормалізація енергоспоживання / А. В. Праховник, Г. Р. Трапп // Управління енерговикористанням: зб. доп. – К. : Видво Альянс за збереження енергії, 2001. – С. 387–397.
- 6 Півняк Г. Г. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник / Г. Г. Півняк, С. І. Випанасенко, О. І. Хованська, Ю. В. Хацкевич, Н. С. Дрешпак. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.

References

1. Digitalization and Energy: Technology Report 2017. OECD/IEA. (2017). Retrieved from <http://www.iea.org/digital>.
2. Cherniavskyy, A.V. «et al.». (2021). Kerivnytstvo z vprovadzhennia sistemy enerhetychnoho menedzhmentu vidpovidno do vymoh mizhnarodnoho standartu ISO 50001:2018. Kyiv: KPI im. Igoria Sikorskoho. Retrieved from http://www.ukriee.org.ua/wpcontent/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf.
3. Energy efficiency 2020: Fuel report. OECD/IEA, 2017. Retrieved from <http://www.iea.org/digital>.
4. Derzhavne ahenstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia. (2016). Retrieved from <http://sae.gov.ua/uk/news/1184>.
5. Prakhovnik, A.V., & Trapp, H.R. (2001). Kontrol i normalizatsiia enerhospozhyvannia Upravlinnya energovikoristanniam. Proceedings from Zbirnyk dopovidey. Kyiv: Vydavnytstvo Alians za zberezhennia enerhii. (pp. 387-397).
6. Pivnyak, H.H., Vypanasenko, S.I., Hovanska, O.I., Khatskevych, Yu.V., Dreshpak, N.S. (2013). Systemy enerhomenedzhmentu ta yikh matematychno zabezpechennia. Dnipropetrovsk: Natsionalnyy hirnychyu universytet.

стандартной системы энергоменеджмента с разработанной – при определении функций системы энергоменеджмента угольной шахты. Использован регрессионный анализ – при формировании плановых показателей энергопотребления угольной шахты.

Результаты. Установлено необходимость разработки дополнительного методического обеспечения для реализации в практике энергоменеджмента позиций стандарта ISO 50001. Доказано, что такое методическое обеспечение должно учитывать особенности производственной деятельности предприятий, отрасли промышленности, а также условия производства продукции конкретным предприятием. Рассмотрен пример такой разработки для угольных шахт Украины.

Новизна. Ввиду отсутствия в стандарте ISO 50001 достаточного методического обеспечения процесса разработки системы энергоменеджмента доказана необходимость разработки элементов, учитывающих конкретные особенности производства продукции. В условиях угольной шахты сосредоточено внимание на последовательности формирования плановых показателей, порядке контроля энергопотребления, информационном обеспечении процесса.

Практическая значимость. Сформулирована задача для разработчиков систем энергоменеджмента в рамках стандарта ISO 50001, заключающаяся в определении дополнительных элементов методического обеспечения процесса с учетом конкретных особенностей производства продукции. Рассмотрен пример формирования плановых показателей, порядка выполнения контроля энергопотребления в условиях добычи угля.

Ключевые слова: энергоэффективность, устойчивое развитие, энергетический пакет, энергетическая трилемма, энергетический менеджмент, системы энергоменеджмента, системы контроля энергоэффективности.

ADAPTATION OF THE MODEL OF SUSTAINABLE ENERGY MANAGEMENT AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

N. S. Dreshpak, Ph. D (Tech.), Associate Professor, Dnipro University of Technology

Methods. The structural analysis of the energy management system is applied – when considering the requirements of the ISO 50001 standard. The components of the energy management system standard are compared with the developed one – when determining the functions of the energy management system of the coal mine. Regression analysis was used in the formation of planned indicators of energy consumption of the coal mine.

Results. It is necessary to develop additional methodological support for the implementation of energy management according to the ISO 50001. It is proved that such methodological support should take into account the features of production activities at industrial enterprises, as well as the conditions of the production at a particular enterprise. An example of such development for coal mines of Ukraine is considered.

Novelty. Due to the lack of sufficient methodological support in the ISO 50001 standard for implementing an energy management system, there has been proven the need to develop elements that take into account the specific features of production. In the conditions of the coal mine the attention is focused on the sequence of forming the planned indicators, the order of energy consumption control, and information support of the process.

Practical value. The task for developers of energy management systems according to the ISO 50001 standard is formulated, which implies the definition of additional elements in methodical maintenance for the process taking into account specific features of production. The example of formation of the planned indicators, as well as the order of energy consumption control in the conditions of coal mining, is considered.

Keywords: energy efficiency, sustainable development, energy package, energy trilemma, energy management, energy management systems, energy efficiency control.

Надійшла до редакції 02.09.21 р.