

References

1. Konstantinov S.M. Tekhnichna termodynamika: Pidruchnyk. / S.M. Konstantinov, –K.: «Politekhnik» pry NTUU «KPI», 2001.– 368s.
2. Konstantinov S.M. Zbirnyk zadach z tekhnichnoyi termodynamiky ta teploobminu: Navch. Posib./ C.M. Konstantinov, R.V. Lutsyk.– K. : «Osvita Ukrainy», 2009.– 543s.
3. Konstantinov S.M. Teoretychni osnovy teplotekhniki : Pidruchnyk./ C.M. Konstantinov, Ye.M. Panov. – K.: «Zoloti Vorota »,2012.–592 s.
4. Konstantynov S.M. Protsessy u parametry uideal'nykh y real'nykh hazov./ C.M. Konstantynov.– K.: KTYLP, 1983.– 110 s.
5. Konstantinov S. M. Systema koordynat Konstantinova dlya pobudovy termodynamichnykh diaqram protsesiv peretvorenniya enerhiyi.\. S.M. Konstantinov .Svidottstvo pro reyestratsiyu avtors'koho prava na tvir, #58775, 20. 02. 2015r.Dersluzhba intelektual'noyi vlasnosti Ukrainy.
6. Khromov Yu.A. Fyzyky.\ Yu.A. Khromov . Byohrafycheskyu spravochnyk. –M.: Nauka, 1983. 400 s.
7. Landau L.D. Statystycheskaya fizyka. Chast' 1./L.D. Landau, E.M., Lyfshyts. –Yzdanye 3-e dopolnennoe.–M.: Nauka,1976– 584s.–(Teoretycheskaya fizyka, tom V).
8. Hybbs Dzh.V. Termodynamicheskiye raboty./Dzh.V. Hybbs. Perevod s anhl. Pod red. Semenchenko. – M.-L.: Hostekhyzdat, 1950.
9. Hybbs Dzh.V. Termodynamyka. Statystycheskaya mekhanyka. / Dzh.V. Hybbs. – M.: Nauka, 1982. – 584s.

КОНСТАНТИНОВ С. М. канд. техн. наук, профессор

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

**МЕХАНИЗМ ПОЛУЧЕНИЯ РАБОТЫ
В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

Одной из важных задач технической термодинамики является определение характера преобразования энергии внутри рабочего тела во время выполнения им работы. Это трудно сделать, когда неизвестна структура энергии рабочего тела, нет четко определенного физического смысла энтропии, неизвестно источник энтропии и его мощность. Чтобы ответить на эти и ряд других вопросов, необходимо найти структуру энергии рабочего тела, провести анализ изменений, которые имеют место в этой структуре в различных условиях прохождения термодинамических процессов.

Ключевые слова: рабочее тело, свободная энергия, преобразования, связанная энергия и работа.

УДК 504.064.36:658.26

ДАВИДЕНКО Л.В., канд.техн.наук, доцент,
Луцкий национальный технический университет

**ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ
МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА**

Обговорюються питання організації моніторингу енергоефективності як елемента системи управління ефективністю енерговикористання. Метою дослідження є формування принципів удосконалення процесу моніторингу енергоефективності підприємства водопровідно-каналізаційного господарства. Розроблено алгоритм моніторингу енергоефективності, який забезпечує інтеграцію його функцій, процедур порівняльного аналізу та сучасних тенденцій побудови систем контролю та планування енергоспоживання. Описано принципи реалізації функцій моніторингу енергоефективності та їх складових з урахуванням завдань системи моніторингу, а також специфіки організації режиму ефективного енерговикористання в системі водопостачання-водовідведення. Сформульовані принципи побудови системи моніторингу енергоефективності охоплюють процедури, які дозволяють враховувати досягнення об'єкта дослідження і кращі практики в сфері енергоефективності, що сприяє прийняттю результативних управлінських рішень спрямованих на підвищення енергоефективності підприємства.

Ключові слова: ефективне енерговикористання, система моніторингу енергоефективності.

Вступ. Вирішення проблем енергозбереження вимагає дієвого управління на всіх рівнях господарювання: державному, регіональному, на рівні підприємств та їх підрозділів, на рівні окремих технологічних процесів та енергоємних установок. Однією з важливих складових процесу управління енергозбереженням та підвищення енергоефективності суспільного господарства є здійснення систематичного контролю за рівнем ефективності використання палива та енергії. Обліку та контролю споживання енергетичних ресурсів на сучасних підприємствах приділяється значної уваги, тому питання побудови систем моніторингу технологічних процесів та обліку енергоспоживання в різних сферах господарювання не втрачають своєї актуальності

Об'єктивне, обгрунтоване вирішення завдання кількісної оцінки, контролю та аналізу ефективності використання енергетичних ресурсів для різних технологічних і виробничо-господарських об'єктів є необхідною умовою досягнення помітних практичних результатів у сфері енергозбереження. Рациональне управління всім господарським комплексом будь-якого підприємства вимагає впровадження комплексної системи моніторингу показників, що відображають співвідношення витрат енергетичних ресурсів до корисного ефекту від їх використання стосовно окремих установок, технологічного процесу та підприємства в цілому [1]. В загальному випадку, моніторинг трактується як систему заходів спостереження та контролювання, що певним чином проводяться для оцінювання стану об'єкту дослідження, аналізу процесів, що відбуваються, та своєчасного виявлення тенденцій його зміни. Проте, моніторинг енергоефективності будь-якої виробничої системи повинен забезпечити визначення її стану та ефективності організації технологічного процесу, створити передумови для удосконалення та підвищення якості функціонування системи та її складових, стати основою для розробки та реалізації методів керування та планування ефективного режиму роботи [2]. Тобто, система моніторингу енергетичної ефективності повинна будуватись не лише як технічна система обліку та контролю енергоспоживання, але й як система, що забезпечує управлінський аспект процесу підвищення енергоефективності. Крім того, одним із завдань, прописаних в «Дорожній карті» проекту реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2035 року [3] є створення системи збору, аналізу та використання даних про кінцеве споживання енергоресурсів для формування порівняльної бази щодо ефективності використання енергоресурсів співставної із міжнародною практикою. Це, в свою чергу, вимагає поєднання процедур порівняльного аналізу з функціями енергетичного моніторингу. При цьому під час розробки систем енергетичного моніторингу та методів реалізації його функцій важливим є врахування індивідуальних особливостей об'єкта дослідження (характеру виробничої діяльності підприємства, особливостей організації технологічних процесів, режимів роботи структурних елементів).

Таким чином, розробка системи моніторингу ефективності енерговикористання, яка б забезпечувала реалізацію основних функцій моніторингу та можливість співставлення результатів енерговикористання з міжнародною практикою, враховувала специфіку об'єкта дослідження та сприяла прийняттю дієвих управлінських рішень щодо підвищення енергоефективності є актуальною задачею, яка потребує обов'язкового вирішення для будь-якого підприємства, в тому числі й для підприємства водопровідно-каналізаційного господарства (ПВКГ).

Мета та завдання. Удосконалення процесу моніторингу енергоефективності ПВКГ шляхом інтеграції функцій енергетичного моніторингу та порівняльного аналізу, а також врахування сучасних тенденцій побудови систем контролю та планування (КіП) енергоспоживання.

Матеріали та результати дослідження. Мірою енергозбереження є енергетична ефективність, тобто оцінка здатності енергогосподарства в цілому, виробничого процесу, енергоустановки і окремих її елементів виконувати свої функції при мінімальних витратах енергетичних та інших видів ресурсів. Енергоефективність - це один з найбільш чутливих індикаторів стану справ з точки зору і технічного рівня виробництва, і рівня менеджменту, і фінансового стану підприємства.

Підприємство водопровідно-каналізаційного господарства представляє собою складний комплекс, який складається з великої кількості різних елементів, що споживають певні види енергії та ресурсів для реалізації технологічного процесу, характеризуються певними вихідними умовами, знаходяться на різних ієрархічних рівнях і мають свої особливості функціонування.

Енергоефективність будь-якої складної виробничої системи як її синтетична характеристика є ознакою, яка характеризує здатність об'єкта дослідження ефективно функціонувати в певних умовах. Енергоефективність як ознака, що відображає потенційну властивість об'єкту оцінювання, належить до числа характеристик, які безпосередньо не спостерігаються і не вимірюються, тобто є прихованими. Визначення рівня енергоефективності виробничої системи та її об'єктів можливе лише на підставі деякої сукупності спостережуваних або вимірюваних ознак, кожна з яких відображає певні аспекти ефективності енергоспоживання, причому як з точки зору ефективності вихідного стану об'єкта, так і ефективності його функціонування.

Проведення моніторингу енергоефективності передбачає підвищення рівня ефективності використання зовнішніх та внутрішніх ресурсів, результатом чого є зміна якості стану та функціонування

виробничої системи, визначення можливостей впровадження енергозберігаючих заходів та технологій, досягнення запланованих завдань по економії електроенергії, мінімізацію негативних наслідків.

Моніторинг стану енергетичної ефективності та енергозбереження - це безперервне (періодичне) спостереження за показниками використання енергоресурсів та реалізацією організаційних, технічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на зменшення обсягу енерговикористання за умови збереження відповідного корисного ефекту від їх використання, включаючи завдання оцінки і прогнозу стану контрольованих об'єктів і процесів [1]. Це комплекс заходів, спрямованих на реалізацію основних функцій: спостереження, оцінювання стану об'єкту, прогнозування та контролювання, конкретизованих специфікою об'єкту дослідження та поставленими задачами Моніторинг є одним з елементів системи управління енергоспоживанням та енергозбереженням і особливості (цілі, завдання, об'єкти тощо) системи управління зумовлюють додаткові вимоги до способу виконання моніторингу, а також системи показників енергоефективності, які підлягають моніторингу.

Для спрощення вирішення задачі щодо організації моніторингу ефективності енерговикористання на підприємстві водопровідно-каналізаційного господарства проблему енергоефективності слід розглядати як таку, що складається з підпроблем різних рангів: ефективності енерговикористання окремих виробництв (водопостачання, водовідведення); окремих технологічних процесів (підготування води, транспортування води, відведення води, очищення стоків); окремих ієрархічних рівнів (перший підйом, другий підйом); окремих структурних елементів (водозабірних споруд, насосних станцій) і агрегатів (насосів), а також ефективності управління та організації технологічного процесу як в цілому по підприємству, так і для окремих елементів. Той факт, що вирішення проблеми підвищення рівня енергоефективності спрямовано на стабілізацію функціонування або удосконалення системи, що має ієрархічну структуру, обумовлює ієрархічність і самої проблеми, яка проявляється в тому, що кожна проблема є сукупністю підпроблем, і в той же час може розглядатися як частина більш складної проблеми. Це дозволяє стверджувати, що для кожного рівня проблеми енергоефективності існують свої цілі і завдання (обов'язково підпорядковані єдиній вищій меті), своя структура підпроблем, а отже і деяка множина показників енергоефективності, що забезпечує достатній ступінь деталізації для даного рівня.

Для забезпечення реалізації основних функцій енергетичного моніторингу ПВКГ (спостереження, оцінювання стану об'єкту, прогнозування та контролювання) необхідним є розроблення відповідних підходів та методів, які б дозволяли враховувати умови вихідного стану та особливості функціонування системи водопостачання-водовідведення та її об'єктів; показники технічної, технологічної, енергетичної ефективності, що мають вплив на електроспоживання; забезпечували можливість виявлення джерел нераціональних витрат електроенергії та негативних тенденцій, а також сприяли прийняттю дієвих рішень щодо підвищення енергоефективності всієї системи та її структурних елементів [2]. Проте, не залежно від рівня ієрархії проблеми реалізація моніторингу енергоефективності для водопостачального підприємства потребує послідовного виконання певних дій згідно з алгоритмом, наведеним на рис. 1. Оскільки моніторинг є одним із необхідних способів підвищення рівня енергоефективності всього підприємства та його структурних елементів, то ця діяльність повинна здійснюватися на постійній основі з урахуванням того, що інформація, отримана в результаті моніторингу, впливає на прийняття правильного управлінського рішення, а отже, і на результат в цілому. Причому, основним принципом функціонування системи моніторингу енергоефективності повинна бути безперервність (циклічність) організації пооб'єктного контролю та урахування отриманої інформації для подальшого удосконалення виробничого процесу та планування режимів ефективного енергоспоживання.

Реалізація кожної з функцій енергетичного моніторингу – це є окрема задача, яка потребує ґрунтовного вивчення особливостей функціонування системи водопостачання-водовідведення та її структурних елементів, формування сукупності показників енергоефективності для кожного конкретного випадку, побудови прогнозних математичних моделей та розробки алгоритмів контролю ефективності енергоспоживання залежно від постановки задачі та об'єкту дослідження [2]. Проте варто сформулювати загальні принципи реалізації цих функцій для ПВКГ.

1. Спостереження та збір даних. Для аналізу ситуації на підприємстві та оцінки рівня енергоефективності необхідні об'єктивні показники, джерелом яких має стати система моніторингу, побудована на сучасних системах обліку, збору, зберігання і обробки даних. Під час проведення моніторингу виникає необхідність одержання інформації, репрезентативної щодо різних об'єктів. Тому, відповідно до ієрархічної структури підприємства повинні бути визначені межі моніторингу: агрегат, структурний елемент, технологічний процес, ієрархічний рівень, виробництво, підприємство.

Одним з важливих етапів створення системи моніторингу ефективності енерговикористання є формування сукупності показників енергоефективності для кожного рівня ієрархії ПВКГ з урахуванням структуризації цілей для вибраної постановки задачі дослідження. Розподіл кількісних показників енергоефективності за рівнями ієрархії забезпечує можливість швидкого отримання необхідної інформації згідно меж моніторингу.

Для опису об'єктів нижчого рівня необхідним є детальне урахування їх технічних характеристик та особливостей функціонування, зокрема, паспортних даних агрегатів, відповідності проектних рішень фактичним умовам їх роботи, ефективності організації режиму енерговикористання тощо. На рівні підприємства достатньою є сукупність показників енергоефективності, які відображають загальну тенденцію ефективності енерговикористання не потребуючи детального врахування характеристик нижчих рівнів. Сформована сукупність показників повинна відображати зміну рівня енергоефективності в результаті впровадження заходів і проектів з підвищення енергоефективності.

Невід'ємною частиною вирішення не лише питання енергозбереження, а й отримання необхідної інформації про об'єкт дослідження є енергоаудит підприємства, проведення якого (крім виявлення джерел нерациональних витрат енергоресурсів та розробки заходів з енергозбереження) забезпечує можливість визначення низки показників, які не обліковуються існуючими на підприємстві засобами обліку енергоресурсів, але характеризують технічний стан об'єкту та ефективність його функціонування.

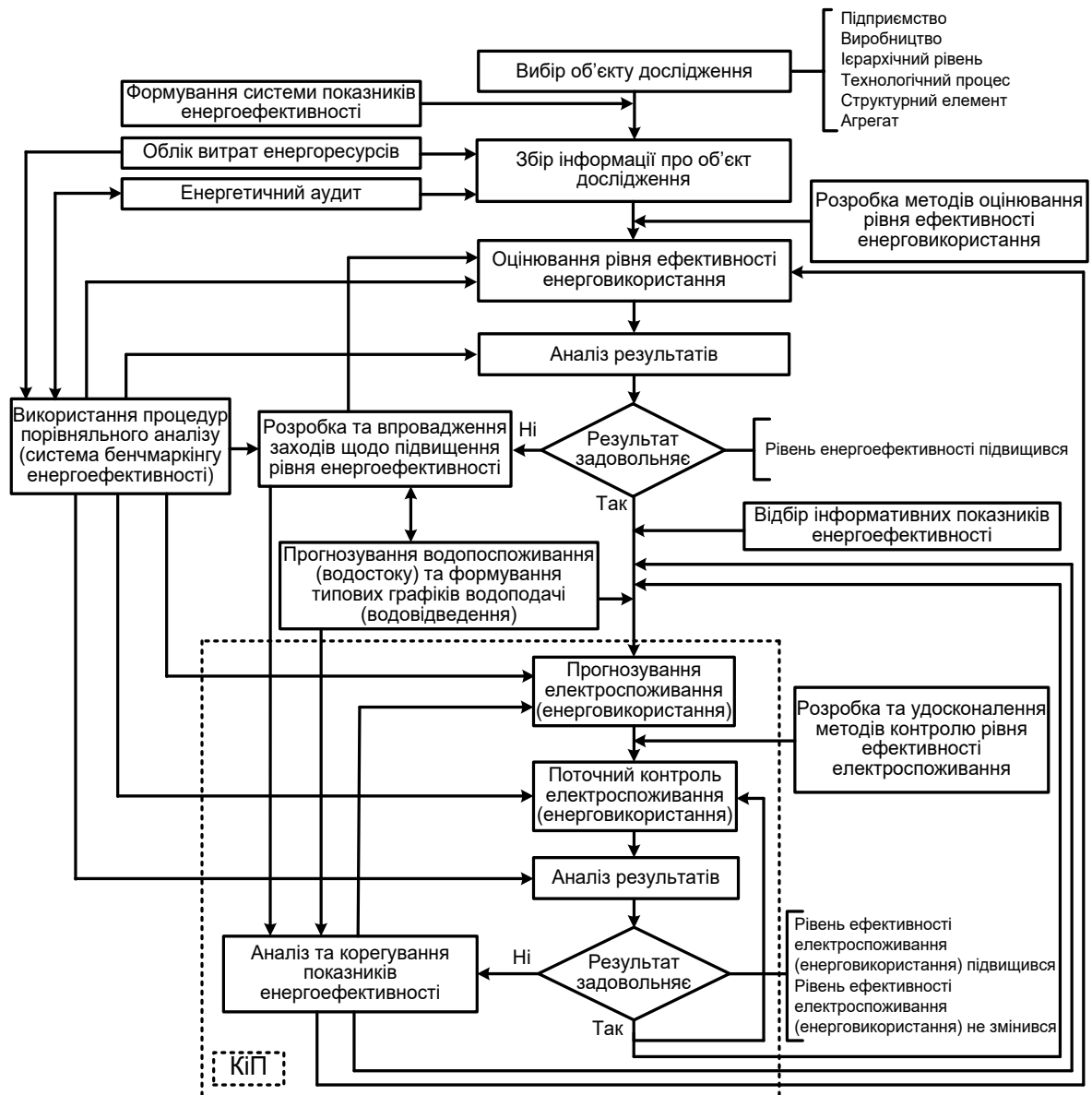


Рисунок 1 – Алгоритм моніторингу енергоефективності ПВКГ

2. Оцінювання рівня ефективності енерговикористання. Існує багато підходів до оцінювання ефективності енерговикористання, що спираються на нормування витрат енергоресурсів, визначення питомих витрат, використання енергетичних балансів тощо. Однак, не існує комплексних показників енергоефективності, які б відрізняли одне підприємство від іншого як за зовнішніми параметрами, так і за внутрішніми (показниками енерговикористання, методами управління режимом роботи та режимом електроспоживання, організації режиму роботи). Тому виникає потреба пошуку підходу та розробки

методів оцінювання рівня енергоефективності, які б забезпечували можливість комплексного урахування всіх аспектів проблеми дослідження енергоефективності об'єктів ПВКГ та сприяли виявленню причин неефективного енерговикористання, недоліків в організації технологічного процесу та управлінні режимом роботи вибраного об'єкту дослідження.

Енергоефективність - комплексна категорія, для якої складно розрахувати узагальнений показник. Аналіз ефективності виробництва без необхідності узагальнення показників енергоефективності, а лише на підставі виявлених їх еталонних значень, є можливим за умови використання процедур порівняльного аналізу – концепції бенчмаркінгу енергоефективності, яка широко використовується за кордоном та полягає в поширенні передового досвіду і кращих досягнень в цій сфері як в промисловості, так і для підприємств з різними видами діяльності та формами власності. У загальному розумінні бенчмаркінг (англ. Benchmarking) - це процес адаптації наявних прикладів ефективного функціонування для поліпшення власної роботи. Бенчмаркінг порівняно із застосуванням лише методів аналізу забезпечує більш деталізоване і впорядковане управління, яке передбачає порівняльний аналіз інформаційного поля компанії та її конкурентів, а також виявлення сильних і слабких сторін [4]. Бенчмаркінг дозволяє знайти стратегії і практики, які допомогли якомусь об'єкту досягти результатів у підвищенні ефективності.

Бенчмаркінг в однаковій мірі передбачає оцінювання та порівняння. Бенчмаркінг-дослідження повинне передбачати порівняння об'єктів одного ієрархічного рівня всередині підприємства (внутрішній бенчмаркінг), а також порівняння аналогічних об'єктів інших підприємств або підприємств в цілому (зовнішній бенчмаркінг). Причому, оцінювання рівня енергоефективності слід виконувати з урахуванням кращих власних показників, кращих показників інших підприємств, середніх показників в галузі тощо.

Визначення мети бенчмаркінгу (яка визначатиме всі подальші рішення, починаючи з вибору показників та об'єктів для порівняння і закінчуючи способом представлення даних та структурою звіту), сфер та підсфер дослідження, показників ефективності енерговикористання для кожної сфери (підсфери) утворюють так звану «систему бенчмаркінгу». Система — це не лише набір статистичних показників. Система бенчмаркінгу передбачає ретельне вивчення та побудову зв'язків між усіма складовими проблеми енергоефективності залежно від її постановки та ієрархічного рівня, на якому проводиться дослідження, чітке відображення зв'язків між цілями (підцілями) та показниками енергоефективності.

Система бенчмаркінгу повинна забезпечувати:

- систематичний порівняльний аналіз показників енергоефективності об'єктів та тенденцій їх зміни;
- визначення рівня ефективності енерговикористання об'єктів;
- виявлення причин неефективного енерговикористання та способів їх усунення;
- аналіз динаміки рівня енергоефективності як відображення результативності управлінських дій щодо підвищення ефективності енерговикористання.

Результати бенчмаркінгу сприяють виявленню прогалини в ефективності у порівнянні з іншими.

Одним із способів оцінювання рівня енергоефективності групи однотипних об'єктів є визначення рейтингу об'єкту на основі багатомірного порівняння [5], яке передбачає урахування сформованої сукупності показників енергоефективності та дозволяє виявити кращі (гірші) з точки зору ефективності енерговикористання об'єкти, що має важливе практичне значення для прийняття рішення щодо першочерговості впровадження енергозберігаючих заходів.

Наступний крок — визначення масштабу та природи проблеми з метою виявлення причин різниці в ефективності та шляхів її покращення. Для цього необхідним є аналіз та розуміння заходів, завдяки яким кращі об'єкти досягли успіху. В нагоді можуть стати методи оцінювання рівня енергоефективності, засновані на засадах багатокритерійної класифікації можливих станів об'єкту за окремими класифікаційними характеристиками енергоефективності. Визначення належності об'єкту дослідження до одного з класів, впорядкованих за рівнем ефективності енерговикористання, не лише забезпечує визначення його фактичного рівня енергоефективності, а й сприяє виявленню недоліків в організації технологічного процесу [6]. Інформація, зібрана в процесі бенчмаркінгу, повинна стати основою для подальшого підвищення рівня енергоефективності та використовуватися для планування ефективного енерговикористання на підприємстві, а також контролювання енерговикористання та результативності прийнятих рішень щодо підвищення енергоефективності.

3. Контроль та планування. Системи енергетичного менеджменту зарубіжних підприємств обов'язково містять підсистеми оперативного управління ефективністю енерговикористання — так звані Monitoring and Targeting Systems (системи контролю і планування енергоспоживання – системи КіП). В основі побудови такої системи є виявлення залежності обсягу енергоспоживання на будь-якому об'єкті від значень низки виробничих і технологічних параметрів (показників), які суттєво впливають на нього - так званих «стандартів» енергоспоживання, порівняно з якими й визначається ефективним чи ні є енерговикористання на об'єкті. «Стандарт» представляє собою деякий максимально реалістичний прогноз «нормативного» рівня енергоспоживання, який необхідно і можливо досягти на даному об'єкті. Це є деяка «норма» абсолютної витрати енергоресурсів, яка не є «ідеальною», тобто мінімально необхідною для

даного об'єкту, проте досить добре відображає рівень ефективності енерговикористання, реально досягнутий на об'єкті дослідження [7].

Побудова математичних моделей базового енергоспоживання («стандартів») повинна виконуватись:

- для об'єкту дослідження з урахуванням його реальних умов функціонування з метою поточного контролю ефективності енерговикористання;
- для аналогічного об'єкту, який є кращим за рівнем енергоефективності в групі однотипних, з метою порівняльного аналізу ефективності енерговикористання.

Причому в якості «стандартів» енергоспоживання можливе використання не самих математичних моделей, а меж побудованих до них довірчих інтервалів, що дозволяє враховувати випадковий характер процесів електроспоживання та залишкову похибку їх моделювання [8].

3.1. Прогнозування електроспоживання. Моніторинг можна трактувати як аналіз хронології використання енергоресурсів за певний період часу і обґрунтоване прогнозування їх споживання. Для визначення очікуваного енергоспоживання необхідно використання відповідного підходу, який дозволяє нівелювати вплив випадкових факторів та забезпечити можливість порівняння даних моніторингу.

Основним критерієм, що визначає ефективність роботи системи водопостачання та її структурних підрозділів є забезпечення споживача водою в кількості, рівній його потребі. Водоспоживання характеризується нерівномірністю і формується під впливом багатьох, часто некерованих чинників. Неповнота і невірогідність початкової інформації призводить до помилок планування режиму водопостачання, що зумовлює нераціональний режим роботи насосних станцій I-го підйому з точки зору забезпечення необхідних запасів води в резервуарах, і як наслідок, перевитрати на електричної енергії за рахунок різниці піднятої та реалізованої води. Невідповідність режиму водопостачання реальному водоспоживанню призводить до надлишкових напорів, що зумовлює перевитрати електроенергії на насосних станціях, підвищує імовірність аварій в мережі, сприяє більшим втратам води за рахунок витоків в водопровідній мережі, а отже й додатковим перевитратами електричної енергії, яка витрачається насосними агрегатами на компенсацію втрати тиску.

Зміни в часі водоспоживання, як і електроспоживання, є випадковими процесами, тобто випадковим чином залежними від часу, внутрішніх та зовнішніх факторів. Водоспоживання – непостійний процес, а домінуючими факторами є час доби та соціальні чинники. Електроспоживання визначається об'ємами води, яка проходить через елементи системи водопостачання, а також певними технологічними факторами, вплив яких можна коректувати шляхом оптимізації режиму роботи. Під час побудови моделі електроспоживання в системі водопостачання обов'язковим є врахування моделі зовнішнього середовища, яка представляє собою модель випадкового процесу подачі цільового продукту. Отже, прогнозування водоспоживання та водоподачі є першим етапом у вирішенні задачі планування режиму роботи та контролю електроспоживання з метою підвищення ефективності функціонування систем комунального водопостачання. При цьому, для одержання якісного прогнозу необхідно забезпечити максимально повне врахування домінуючих факторів. Це дозволить здійснювати контроль протікання процесу та виявляти вплив факторів, що зумовлюють нераціональні витрати енергоресурсів.

Аналогічним чином електроспоживання в системі водовідведення визначається водопритоком, який також є випадковим процесом і залежить від характеру водоспоживання та кліматичних умов (водопритік від ливневої каналізації), що також мають випадковий характер.

Таким чином, реалізація функції прогнозування під час побудови системи моніторингу енергоефективності для ПВКГ повинна передбачати два етапи:

- формування типових графіків водоподачі (водопритоку);
- побудову моделей електроспоживання з урахуванням типових графіків водоподачі (водопритоку), а також технічних та технологічних чинників, що впливають на рівень ефективності електроспоживання.

3.2. Контроль ефективності енерговикористання. По суті моніторинг енергоефективності являє собою регулярне отримання і аналіз інформації про рівень енергоспоживання та динаміку показників енергоефективності. Обсяги енергоспоживання на будь-якому технологічному об'єкті представляють собою випадкові величини, оскільки у загальному випадку залежать від великої кількості технічних, технологічних, організаційних та кліматичних чинників. Порівняння фактичного енергоспоживання з очікуваним дозволяє виявити незаплановані відхилення і виявити нераціональні витрати. Контроль ефективності енерговикористання вимагає постійного аналізу динаміки показників енергоефективності та виявлення тенденцій до погіршення (покращення) ефективності енерговикористання.

Система контролю повинна забезпечувати не лише регулярне фіксування енергоспоживання та його коливання, які можуть і повинні бути локалізовані, а й можливість виявлення на основі аналізу показників енергоефективності певних енергетичних аспектів і процесів, які повинні бути покращені. Система контролю покликана забезпечити оцінку управління енергоспоживанням, оцінку та постійне контролювання рівня енергоефективності, виявлення помилок в організації режиму роботи об'єктів та ділянок виробничого процесу, які потребують вдосконалення. Зміни енергоефективності повинні вимірюватися відносно базового енергоспоживання («стандарту»), зафіксованого у вихідному

(початковому) енергетичному профілі, а також з урахуванням кращих зразків ефективного енерговикористання. Таким чином, система контролю ефективності енерговикористання на об'єктах водопостачання-водовідведення повинна містити:

- а) підсистему оперативного контролю ефективності енерговикористання, яка передбачає:
 - поточний контроль динаміки водоподачі (водопритоку) як домінуючого чинника, який визначає побудову режиму ефективного електроспоживання;
 - поточний контроль динаміки показників енергоефективності з позицій їх відповідності певним діапазнам за рівнем енергоефективності;
 - контроль дотримання базового енергоспоживання («стандарту»);
- б) підсистему бенчмаркінгу енергоефективності, яка містить процедури:
 - порівняння динаміки показників енергоефективності з аналогічними показниками кращих за рівнем енергоефективності об'єктів з групи однотипних;
 - порівняльного аналізу відповідності дійсного режиму електроспоживання «стандарту» кращих за рівнем енергоефективності об'єктів з групи однотипних.

Процес контролю виконання «стандартів» енергоспоживання та динаміки показників енергоефективності повинен базуватися на застосуванні ймовірісно-статистичних методів. З цією метою можуть бути використані методи статистичного контролю якості продукції [9, 10]. Процедура контролю ефективності енерговикористання представляє собою процедуру послідовного виявлення зміни властивостей часового ряду під час його розгляду на деякому проміжку часу, що дозволяє визначити моменти невідповідного зниження (підвищення) ефективності енерговикористання. Виконання встановлених «стандартів» споживання енергії у системах оперативного контролю ефективності доцільно контролювати, реєструючи кількість випадків виходу фактичних величин енергоспоживання за межі довірчого інтервалу, у вигляді якого встановлюють відповідний «стандарт» [9]. Візуальна оцінка розташування значень енергоспоживання або показників енергоефективності відносно одне одного та меж регулювання забезпечує можливість виявлення певних сигналів контрольних карт. При цьому відслідковується поява систематичної тенденції в розміщенні точок на контрольній карті, що свідчить про наявність тренду середнього значення процесу [10]. Використання еталонних діапазонів енергоефективності дає змогу виконати порівняння за рівнем ефективності електроспоживання об'єктів, які знаходяться на одному ієрархічному рівні, що забезпечує вирішення питання про те, ефективним чи ні є електроспоживання, відносно кращих зразків організації режиму електроспоживання.

Висновки. Сучасні вимоги до створення систем збору, аналізу та використання даних про кінцеве споживання енергоресурсів вимагають поєднання процедур порівняльного аналізу та процесу моніторингу ефективності енерговикористання. Система моніторингу ефективності енерговикористання на підприємстві водопровідно-каналізаційного господарства повинна забезпечувати реалізацію основних функцій моніторингу та можливість співставлення результатів з кращими практиками в сфері ефективного енерговикористання, а також враховувати специфіку об'єкту дослідження та сприяти прийняттю дієвих управлінських рішень щодо підвищення енергоефективності.

Використання запропонованого алгоритму моніторингу енергоефективності як безперервного циклічного процесу, який забезпечує інтеграцію функцій енергетичного моніторингу, бенчмаркінгових процедур, сучасних тенденцій побудови систем контролю та планування енергоспоживання, а також урахування описаних принципів реалізації функцій моніторингу та їх складових, які враховують завдання системи моніторингу та особливості організації режиму ефективного енерговикористання в системі водопостачання-водовідведення, дозволяє побудувати систему моніторингу енергоефективності ПВКГ не лише як технічної системи обліку та контролю енергоспоживання, але й як такої, що забезпечує управлінський аспект процесу підвищення енергоефективності. Запропоновані принципи побудови системи моніторингу енергоефективності охоплюють процедури, які дозволяють враховувати не лише досягнення об'єкта дослідження, а й кращі практики в сфері енергоефективності.

Впровадження запропонованої системи моніторингу на постійній основі сприятиме прийняттю результативних управлінських рішень спрямованих на підвищення енергоефективності підприємства водопровідно-каналізаційного господарства та його об'єктів.

Список літератури

1. Троицкий-Марков Т.Е., Сенновский Д.В. Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности // Мониторинг. Наука и безопасность. - 2011. – № 4. – С. 34-39
2. Давиденко Л.В., Давиденко В.А., Коменда Н.В., Ярмольська Н.В. Функції енергетичного моніторингу складних виробничих систем та їх завдання для підвищення рівня енергоефективності // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 153 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2014.- С.125-127
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року: Біла книга енергетичної політики України «Безпека та конкурентоспроможність». Проект - Київ 2014 – 41с. Режим доступу: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf

4. Розен В.П., Тышевич Б.Л., Иншеков Е.Н., Розен П.В. Методология бенчмаркинга для повышения уровня энергоэффективности промышленных предприятий Украины // *Problemele energeticii regionale*. - 2012. - 2(19). - С. 73-84

5. Давиденко Л.В. Оцінювання рівня енергоефективності об'єктів складних енерготехнологічних систем як задача багатомірного порівняння / Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки*. Випуск 116 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2011.- С.76-78.

6. Давиденко В.А., Давиденко Л.В. Оцінювання рівня енергоефективності складних виробничих систем з позицій багатокритерійної класифікації // *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки*. Випуск 142 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ. - 2013.- С.6-8.

7. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту // *Вісник КНУТД*. – 2013. - №6. – С. 67-77

8. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Концепція побудови інтегрованих систем контролю ефективності використання електричної енергії на виробничо-господарських об'єктах. // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2013. – №1. -С. 72-78

9. Находов В.Ф., Бориченко О.В. Процес контролю виконання встановлених «стандартів» в системах оперативного контролю ефективності енерговикористання // *Вісник НТУУ «КПІ»*. Серія «Гірництво». - 2014. - Випуск 24.– С. 111-119.

10. Розен В.П., Давиденко Л.В., Давиденко В.А. Використання контрольних карт Шухарта для контролювання ефективності електроспоживання в системах комунального водопостачання. // *Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип.1/2012(72) частина 1. – С.31-35.

DAVYDENKO L.V.

Lutsk National Technical University

PRINCIPLES OF BUILDING INTEGRATED MONITORING SYSTEM OF ENERGY EFFICIENCY FOR WATER SUPPLY AND SANITATION ENTERPRISE

The issues of energy efficiency monitoring organization as an element of the management system of energy use efficiency are discussed in the article. The purpose of investigation is forming the principles of improving the process of energy efficiency monitoring water and sanitation enterprise. This includes modern requirements to the functions of monitoring system and their purpose.

To simplify the issue of energy efficiency is seen as hierarchical. For each hierarchical level this allows to form the own system of energy efficiency indexes to be monitored. An algorithm of energy efficiency monitoring as continuous cyclic process that is universal for each level of the hierarchy of the company, was developed. The algorithm provides integration of the functions of the energy monitoring, comparative analysis procedures and modern trends of building the systems of control and planning energy consumption. The principles of the realization functions of energy efficiency monitoring and their components were described. They consider the tasks of the monitoring system and features of organization the regime of efficiency energy consumption in the water supply and drainage system.

The proposed principles of building the energy efficiency monitoring system cover the procedures, which allow to consider not only the achievements of the object of investigation, but also best practices in energy efficiency sphere.

Implementation of the proposed monitoring system on a regular basis will facilitate the adoption of effective management solutions designed on increasing the energy efficiency of water supply and sanitation enterprise and its objects.

Keywords: effective energy use, energy efficiency monitoring system.

References

1. Troitskiy-Markov T.E., Sennovskiy D.V. Principles of energy efficiency monitoring system modeling / *Monitoring, Nauka i bezopacnost*, 2011, no 4, pp. 34-39.

2. Davydenko V.A., Davydenko L.V., Komenda N.V., Yarmolska N.V. Function of the energy monitoring of complex production systems and their tasks for improving the level of energy efficiency / *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky*. Vypusk 153 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2014, pp. 125-127.

3. The energy strategy of Ukraine on the period by 2035: White book of energy policy of Ukraine "Security and competitiveness", Proekt, Kyiv, 2014, 41 p. (in Ukrainian). Available at: http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_nauk_an_rozrobku/Energy%20Strategy%202035.pdf

4. Rosen V.P., Tyshevich B.L., Inshekov E.N., Rosen P.V. Methodology of benchmarking of energy efficiency for the industry of Ukraine. *Problemele energeticii regionale*, 2012, no 2(19), pp. 73-84.

5. Davydenko V.A., Davydenko L.V. Evaluation of energy level of object of complex systems as problem energotechnological multidimensional comparative / Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 116 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2011, pp. 76-78.

6. Davydenko V.A., Davydenko L.V. Assessment level energy efficiency of complex manufacturing systems with position classification multicriterial / Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenko. Tehnichni nauky. Vypusk 142 "Problemy energozabezpechennia ta energozberezhennia v APK Ukraine", 2013, pp. 6-8.

7. Nakhodov V., Borichenko O., Ivanko D. Control of energy consumption efficiency in the energy management system / Visnyk KNUTD, 2013, no 6, pp. 67-77.

8. Nakhodov V. F., Borychenko O. V. Concept of building integrated control system of efficiency of electric energy in production / Energetika: ekonomika, tehnolohiyi, ekolohiya, 2013, no 1, pp. 72-78.

9. Nakhodov V. F., Borychenko O. V. Control process of performance setting "standards" in system operating control effectiveness of energy exploitation / Visnyk NTUU "KPI". Seria "Hirnystvo". Vypusk 24, 2014, pp. 111-119.

10. Rosen V.P., Davydenko L.V., Davydenko V.A. Shewhart control carts using for efficiency control of public water systems power consumption / Visnyk Kremenchutskoho derzhavnoho politechnoho universytetu im. M. Ostrohradskoho, 2012, no 1/2012(42) Part.1, pp. 31-35.

УДК 504.064.36:658.26

Давыденко Л.В., канд.техн.наук, доцент

Луцкий национальный технический университет

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОПРОВОДНО- КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА

Обсуждаются вопросы организации мониторинга энергоэффективности как элемента системы управления эффективностью энергопотребления. Целью исследования является формирование принципов совершенствования процесса мониторинга энергоэффективности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства. Разработан алгоритм мониторинга энергоэффективности, который обеспечивает интеграцию его функций, процедур сравнительного анализа и современных тенденций построения систем контроля и планирования энергопотребления. Описаны принципы реализации функций мониторинга энергоэффективности и их составляющих с учетом задач системы мониторинга, а также специфики организации режима эффективного энергопотребления в системе водоснабжения-водоотведения. Сформулированные принципы построения системы мониторинга энергоэффективности охватывают процедуры, которые позволяют учитывать достижения объекта исследования и лучшие практики энергоэффективности, что способствует принятию результативных управленческих решений направленных на повышение энергоэффективности предприятия.

Ключевые слова: эффективное энергопотребления, система мониторинга энергоэффективности.

Надійшла 01.06.2015

Received 01.06.2015

УДК 697.34

ШОВКАЛЮК М.М., канд. техн. наук, доцент; ВОЙНАЛОВИЧ Н.О., магістр

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ

Метою дослідження є визначення та аналіз факторів, що впливають на енергоспоживання будівель навчальних корпусів. Розроблено математичну модель у відповідності до діючих нормативних вимог для оцінювання впливу різних архітектурно-будівельних та експлуатаційних факторів на витрати теплоти будівлями навчальних закладів. Здійснено кластерний аналіз для навчальних корпусів за статистичними даними теплоспоживання об'єктами НТУУ «КПІ». Запропоновано регресійні залежності для здійснення моніторингу і аналізу теплоспоживання.

Ключові слова: теплоспоживання, навчальні корпуси, експлуатаційні фактори, кластеризація, регресійний аналіз.