

ЕРЕМЄЄВ І. С., д-р техн. наук, професор

Національний Таврійський університет ім. В. І. Вернадського, м. Київ

ЕЩЕНКО О. І., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ПРОБЛЕМАТИКА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

Анотація. Розглянута проблематика реформування житлово-комунального господарства з аспекту зменшення енергоспоживання шляхом застосування енергозберігаючих технологій.

Ключові слова: енергозбереження, ЖКГ, реформування, енергоаудит, ефективність, інновація.

Abstract. The problems of housing and communal services reformation on the aspect of reducing energy consumption by applying energy saving technologies are considered.

Keywords: energy saving, housing and utilities, reform, energy audit, efficiency, innovation.

Після здобуття незалежності перед енергетичним сектором народного господарства країни виникли такі проблеми:

- знизити рівень енергоємності виробленої продукції;
- зменшити залежність від імпорту газу, нафти та ядерного палива;
- збільшити ефективність використання енергії.

Сьогодні середній показник питомого енергоспоживання на душу населення в Україні перевищує такий в США, Німеччині, Великій Британії і середній по ЄС у 4,3—4,7 разів, а що стосується Японії, то цей показник у 7,4 раза відрізняється від характерного для сучасної Японії.

Житлово-комунальне господарство (ЖКГ), як і інші галузі економіки України, стоїть перед нагальною проблемою істотного реформування. Головна мета, кінцева ціль, етапи і підходи до вирішення проблеми сформульовані Програмою реформування галузі. Одним з напрямків, яким слід рухатися для реалізації завдань, що стоять перед галуззю, є вирішення проблем енерго- та

ресурсозбереження на підприємствах ЖКГ. Економія паливних ресурсів (а це і є один з аспектів енергозбереження) однозначно сприяє не тільки нормалізації економічного життя країни (оскільки імпорт енергоносіїв поглинає чималу частку національного бюджету та ще й ставить нашу державу в залежність від «доброї волі» постачальників палива), але й покращенню оточуючого середовища і створює підвалини для підвищення стандартів життя.

Вирішення проблеми енергозбереження може і повинно відбуватися декількома шляхами, головними з яких є наступні:

- *нормативно-організаційний*, який передбачає створення умов для стимулювання енергозберігаючих заходів шляхом розроблення відповідних законодавчих актів, нормативів, управлінських та контролюючих структур, заохочувальних фондів тощо;

- *технологічний*, який передбачає найбільш раціональне використання існуючих технологій шляхом їхньої оптимізації на базі широкого застосування комп'ютерної техніки, або використання принципово нових технологій;

- *дослідно-конструкторський*, який передбачає розробку й впровадження нових конструкцій енергогенеруючих агрегатів, компонентів і вузлів для зберігання, перетворювання та транспортування енергії, а також для її ефективного використання;

- *системний*, який передбачає розробку найбільш ефективних (з усіх точок зору) систем транспортування енергії від виробників до споживачів та її подальшого розподілу між споживачами;

- *моніторинговий*, який передбачає розробку методів та заходів для сталого контролю за кількістю та якістю як тієї енергії, що вироблена, так і тієї, що була використана споживачами, а також за станом оточуючого середовища в зоні впливу енергогенеруючих агрегатів;

- *утилізаційний*, який передбачає розробку заходів для використання тієї частки енергії, яка в звичайних умовах втрачається (розсіюється), або для використання як паливо твердих відходів, біомаси та продуктів життєдіяльності;

- *альтернативний*, який передбачає використання альтернативних («відновлюваних») джерел енергії замість (або на додаток до) «традиційних».

Зазначені вище шляхи можна узагальнити у наступні три напрямки діяльності:

- *аудит*, тобто виявлення «вузьких місць» у процесах генерування, транспортування та використання усіх видів енергії;

• **інновації**, тобто запровадження сучасних методів генерування, перетворення та транспортування енергії, економії вичерпних енергоресурсів на базі використання нових технологій, а також шляхом використання нетрадиційних, відновлюваних джерел енергії;

• **менеджмент**, тобто цільове використання енергоресурсів з урахуванням таких критеріїв, як *ефективність/вартість, ефективність/екологічність, ефективність/ризик* тощо.

Першим кроком при вирішенні проблеми енергозбереження є **енергоаудит**, оскільки необхідно мати об'єктивну інформацію про те, як фактично споживається і витрачається енергія, тобто скільки енергії і наскільки ефективно витрачається, скільки енергії втрачається за рахунок неоптимальних схем транспортування або перетворювання енергії та за рахунок невдало обраних технологій. Проблема аудита, яка має дві складові (отримання об'єктивної інформації на підставі використання стандартних методик і приладів, і аналіз отриманих даних з метою оцінювання результатів аудиту) є по суті проблемою виявлення «вузьких місць» на усій ланці від генерування енергії, її перетворення, транспортування й використання. Ця проблема вимагає для свого успішного вирішення вживання методів і засобів теорії графів (пошук критичних маршрутів), теорії ймовірностей і математичної статистики (пошук розподілів випадкових величин таких чинників, як природні фактори, запити на споживання тих чи інших послуг ЖКГ та якість цих послуг, розподілів випадків суттєвого погіршення функціонування окремих вузлів систем ЖКГ тощо), теорії ігор (моделювання конфліктних ситуацій у сфері ЖКГ), системного аналізу (виявлення прихованих залежностей ефективності функціонування окремих систем ЖКГ від зовнішніх чинників, у тому числі від роботи інших складових народного господарства та природних явищ), теорії катастроф (вивчення розвитку катастроф у будь-яких сферах діяльності суспільства з метою виявлення певних закономірностей та визначення ознак зародження катастроф на ранньому етапі, коли ще можна запобігти цим процесам, або принаймні суттєво зменшити наслідки катастрофи), теорії нечітких множин (визначення об'єктивної інформації, особливо стосовно динаміки процесів, на підставі нечітких і неповних даних). Інакше кажучи, енергоаудит — це комплексне енергетичне обстеження підприємства, яке передбачає збирання вихідних даних, складання балансів споживання й розподілу енергії, аналіз фінансової та технічної інформації, виявлення нераціональних

втрат, розробку енергозберігаючих заходів, видачу рекомендацій й визначення ефекту від їхнього впровадження. Мета проведення енергоаудиту — забезпечення енергоефективності, тобто підвищення надійності енергопостачання, розробка пріоритетних заходів з енергозбереження, економія коштів та енергоресурсів, модернізація виробництва, підвищення фінансової стійкості, досягнення енергонезалежності підприємства, скорочення прямих та опосередкованих витрат на виробництво, скорочення собівартості продукції і послуг. Алгоритм проведення енергоаудиту передбачає виконання трьох послідовних кроків: аналіз кількісних показників ефективності використання енергії; розробка заходів з енергозбереження; аналіз якісних показників, які відображують процес скорочення питомого енергоспоживання.

Розробка заходів з енергозбереження по суті трансформується у окремий напрямок діяльності — *інновацію*. Якщо енергоаудит визначає «вузькі місця» на підприємстві, то завдання інноваційних зусиль полягає у найбільш ефективному вирішенні проблеми «вузьких місць», які виявлені. Це означає, що кожному «вузькому місцю» необхідно протиставити декілька альтернатив його подолання з оцінкою усіх позитивних та негативних рис кожної з альтернатив на підставі обраного (або заданого) критерію ефективності та існуючих ресурсів підприємства і обрати оптимальний варіант рішення. Інноваційні процедури можуть запроваджуватися як одночасно, так і послідовно, починаючи з найбільш проблемного «вузького місця».

Після запровадження інновацій настає час ефективного *менеджменту*, тобто керування усім комплексом технічних засобів, технологічних процесів, інформаційних та матеріальних потоків з метою досягнення мінімізації енерговитрат на шляху створення продукції або послуг із заданими кількісними та якісними показниками. Процедура опрацювання тієї чи іншої стратегії менеджменту може бути охарактеризована наступним коротцем:

$$PP: \rightarrow K < A, T_A, E, P_A, R >,$$

де A — множина альтернатив, тобто варіантів рішень, які задовольняють обмеженням задачі і є засобами досягнення мети, що сформульована особою, що приймає рішення (ОПР), а також притаманні їм множини «дрібниць» T_A , які можуть за певними умовами ініціювати той чи інший небажаний розвиток подій; E — середовище задачі PP , тобто умови, за якими відбувається PP , у тому числі й умови функціонування даної конкретної організаційно-технічної системи, і які треба враховувати при

формалізації й вирішенні задачі; P_A — система переваг ОПР (тобто сукупність уявлень ОПР про критерії досягнення мети, переваги та недоліки окремих альтернатив, що розглядаються, з точки зору реалій конкретного підприємства, а також з точки зору можливості урахування тих чи інших «дрібниць»), яка дозволяє виконувати цілеспрямований вибір елементів з множини A відповідно з певною процедурою R над множиною альтернатив A , причому R характеризує тип задачі PP (пошук найбільш привабливої альтернативи, відокремлення множини альтернатив, які не є домінуючими, лінійне упорядкування множини альтернатив, які є припустимі тощо).

Треба відзначити, що саме система переваг ОПР і є вирішальним компонентом PP . Однак ця система «спрацьовує» звичайно за умов «прозорості» та однозначності критеріїв, що визначають бажану оптимальну альтернативу. У реальних обставинах P_A часто характеризується концептуальною невизначеністю («непрозорістю»), відсутністю чітких меж (розмитістю), що не дозволяють впевнено обрати ту чи іншу альтернативу з підмножини найбільш з точки зору ОПР перспективних. У таких обставинах варто звернутися до використання у процесі PP наступного підходу. Його зміст полягає у тому, що усі дані, що характеризують конкретну альтернативу, формуються у свого роду спектральну характеристику, в якій кожний компонент «спектра» розміщується у раз і назавжди закріпленому для нього місці («жорсткий формат»), причому амплітуда «спектральної» лінії (або її зворотна величина, якщо вона є негативною рисою альтернативи) характеризує відносне значення відповідного компоненту, яке може мати або вигляд відсотку від максимально можливого значення, або ж характеризуватися певними поняттями з царини теорії можливостей (як, наприклад, «релевантний», «конформний», «тотожний» тощо), які теж надаються у вигляді чисел від 0 до 1 (відсутність того чи іншого компоненту «спектра» в реальній характеристиці при цьому виглядає як компонент з нульовою амплітудою так що, наприклад, компонент, який не має ніякого відношення до проблеми, що розглядається, характеризується числом 0, до певного ступіню релевантний до проблеми — числом 0,25, суттєво релевантний — числом 0,50, конформний — числом 0,75, а тотожний — числом 1,00). При цьому крива, що огинає «ідеальну» спектральну характеристику (тобто характеристику, «спектральні» лінії якої мають одиничні значення) буде мати вигляд прямої, паралельної осі абсцис. Криві, які обгинають реальні спектральні характеристики,

будуть у тій чи іншій мірі відрізнятися від «ідеальної». Як міра невідповідності реальної характеристики ідеальній (у даному конкретному випадку) може бути використана наступна евклідова метрика, яка є зворотною до функції належності:

$$D_{r,R} = \sqrt{\left(\frac{1}{j-1}\right) \sum_{j=1,n} [1 - x_{rj}]^2},$$

де J — загальна кількість «спектральних» ліній, які включають також і «спектри дрібнот», R — загальна кількість альтернатив, що розглядаються (відповідно, j та r — номери «спектрів» та альтернатив, що розглядаються у даний момент), x_{rj} — числове значення j -ї «спектральної» лінії r -ї альтернативи.

При цьому оптимальною альтернативою буде альтернатива, яку характеризує мінімальна метрика, тобто така, яка відповідає наступній умові:

$$D_r(opt) = \max [D_1, \dots, D_R].$$

Інакше кажучи, послідовно визначається k -та оптимальна альтернатива з множини альтернатив, у яких замість кожної попередньо визначеної оптимальної (мінімальної) метрики підставляється її максимальне (одиничне) значення $D_r(opt)$: $\rightarrow 1$, причому якщо чергова метрика дорівнює або перевищує припустимі межі $D_k \geq D(\max)$, подальший пошук альтернатив припиняється, як і у разі, коли кількість послідовно визначених альтернатив досягне загальної кількості альтернатив у множині A , тобто коли $k = R$. При цьому усі визначені таким чином альтернативи автоматично упорядковуються згідно з монотонно наростаючими значеннями метрики й отримують відповідні номери (k).

Зазначений підхід до прийняття рішень дозволяє уніфікувати саму процедуру, зробити її стандартною для вирішення будь-яких проблем як менеджменту, так і інновацій.

Окремо слід зупинитися на головних напрямках енергозбереження в різних підгалузях ЖКГ. У сфері теплопостачання «вузькими місцями» є, з одного боку, сама проблема генерування тепла, тобто паливні ресурси, а з іншого — транспортування тепла. Перша проблема може бути кардинально вирішена лише за рахунок використання як палива органічної складової твердих побутових відходів (ТПВ) шляхом газифікації (піролізу) з використанням отриманих горючих газів у комбінованих комплексах «Газова турбіна + парова турбіна + електрогенератор» або ж шляхом без-

посереднього чи комбінованого спалювання з отриманням теплової та електричної енергії. Друга проблема (втрати енергії під час транспортування й розподілу) має вирішатися як шляхом використання нових методів прокладання заздалегідь ізольованих трубопроводів, так і шляхом скорочення теплотрас за рахунок поширення локальних та автономних систем тепlopостачання. У сфері водопостачання також існує два головні напрямки енергозбереження: суттєве покращання систем водопостачання та водорозподілу (у тому числі й роботи насосних агрегатів за рахунок частотного регулювання обертів) і оптимізація процесів очищення води. У сфері міського транспорту головні проблеми: оптимізація маршрутів, створення транспортних розв'язувань, розбудова й модернізація шляхів — з одного боку, і перехід на екологічні види палива (скраплений газ, дизельне пальне, електрифікація транспорту) — з іншого. У сфері поводження з ТПВ є свої «вузькі місця»: вирішення проблеми роздільного збирання відходів (що сприятиме у кінцевому результаті економії енергії та ресурсів); мінімізація полігонів за рахунок запровадження рециклінгу та утилізації органічних складових ТПВ в якості палива.

Успішне вирішення проблем, про які йшлося, забезпечить наше господарство не тільки додатковою електричною та тепловою енергією, але й дозволить зекономити чималу кількість енергії та ресурсів.

Інформація про авторів: Єщенко О. І., канд. техн. наук, доцент, aieschenko@ukr.net