

О.Б. В'ЮНЕНКО, А.В. ТОЛБАТОВ

Сумський національний аграрний університет

В.А. ТОЛБАТОВ

Сумський державний університет

tolbatov@ukr.net

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ БЮДЖЕТНИХ УСТАНОВ

**Анотація.** Розглядаються питання створення та перспективи використання єдиного інформаційного середовища на базі сучасних інформаційних технологій для організації системи управління енергоефективністю бюджетних установ.

**Ключові слова:** інформаційні технології, показник енергоефективності, динамічна норма, управління енергоефективністю, багатофакторна модель.

O.B. VIUNENKO, A.V. TOLBATOV

Sumy National Agrarian University

V.A.TOLBATOV

Sumy State University

tolbatov@ukr.net

### THE USE OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEMS TO MANAGE THE ENERGY EFFICIENCY OF PUBLIC INSTITUTIONS

**Annotation.** The problems and prospects of creating a common information environment based on modern information technology to control energy efficiency of the system of budgetary institutions.

**Keywords:** information technology, energy efficiency index, dynamic norm, energy efficiency management, multifactor model.

Висока енергоємність бюджетних послуг змушує державні органи влади і бюджетні установи (БУ) вирішувати проблему підвищення ефективності витрати енергетичних ресурсів та ефективного енергопостачання в кожній окремій БУ. Значимість раціонального використання ресурсів у бюджетній сфері пов'язана з двома причинами: а) непродуктивні витрати по утриманню БУ знижують ефективність бюджету в економіці регіонів, тому що на функціонування установ витрачається все більший обсяг податкових надходжень; б) нераціональне використання ресурсів веде до загального зниження якості бюджетних послуг. В результаті користувачі несуть дедалі більші витрати, отримуючи натомість колишні або навіть менш якісні послуги, які гарантовані державою [1 – 5]. Дослідження сучасних світових тенденцій в галузі управління енергоефективністю (УЕ) показує, що на багатьох підприємствах активно впроваджуються системи автоматизованого обліку, інформаційні системи та технології, що відповідає стандарту ISO 50001. Ці системи можуть поставлятися як готового програмного продукту найбільшими світовими брендами в енергетиці, або розроблятися індивідуально під потреби конкретного користувача. Більшість існуючих програмних продуктів (ПП) з УЕ на сьогоднішній день вирішують лише частину важливих питань, що стоять перед енергоменеджерами, наприклад, вони можуть збирати і візуалізувати дані з приладів обліку споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), будувати сумарні показники споживання за місяць або рік, порівнювати показники минулого і поточного року. Цим вирішуються завдання забезпечення моніторингу споживання енергоресурсів і формування місячних або кварталних звітів. Частина існуючих ПП дозволяє вирішувати іншу задачу: вони автоматизують формування заявок на придбання енергоресурсів (в першу чергу, електрики і газу) на відкритому ринку, але в українських умовах актуальність даного завдання поки що не досить висока. Більшість існуючих ПП слабо допомагають керувати енергоефективністю БУ, навіть якщо на них організовано технічний облік енергоресурсів по кожному підрозділу і реалізовано збір даних в єдиній інформаційній системі. Енергоменеджерам, як і раніше, необхідно оперувати значною кількістю таблиць і графіків. Тому, в силу браку часу і сил, управлінські рішення щодо оптимізації поточної операційної діяльності та планування можуть бути не оптимальними, тобто сучасному енергоменеджеру в щоденній виробничій діяльності необхідний ПП, який реалізує не тільки інформаційну складову, але і дозволяє вирішувати наступні аналітичні завдання: а) визначати в реальному часі факти перевищення норм споживання ПЕР і основні причини, які їх викликали; б) автоматично формувати норми споживання ПЕР; в) прогнозувати споживання ПЕР; г) формувати альтернативні варіанти споживання ПЕР. Важливо те, що в цьому випадку вся аналітична інформація стає доступною в реальному часі, тобто крім енергоменеджера, який керує енергоефективністю всієї установи, така аналітична інформація буде використана начальникам підрозділів або установок, якщо на підприємстві діє система мотивації персоналу, що також відповідає вимогам стандарту ISO 50001. Для аналізу фактичних значень питомої витрати ПЕР необхідно визначити норму, з якої вони будуть порівнюватися. Існуючий ринок ПП з УЕ, з точки зору нормування споживання ПЕР, можна умовно поділити на такі категорії: 1) без норм взагалі, або норми на основі граничних значень; 2) норми на основі однієї статистичної моделі (СМ) одного фактора; 3) норми на основі декількох багатофакторних СМ; 4) норми на основі декількох багатофакторних СМ, або моделей на основі штучних нейронних мереж. ПП з першої категорії на сьогоднішній день - переважна більшість, причому вони не мають аналітичних можливостей по нормуванню споживання ПЕР, в них загалом існує можливість задати якусь фіксовану межу, що позначає норму

споживання ПЕР, та визначити, що всі значення показників вище цієї межі є перевищенням споживання. Такі програмні продукти досить поширені завдяки невеликій ціні, але набагато точніше працюють системи, що дозволяють формувати динамічні норми. Для математичного опису таких мінливих в часі і залежать від багатьох факторів норм, використовується широкий спектр моделей. Навіть програмні продукти з другої категорії, які розраховують норми тільки на основі однієї однофакторної СМ, вже можливо ефективно застосувати для простого обладнання. Більш складні СМ будуються з урахуванням кількох впливаючих факторів, а динамічна норма на основі багатофакторної моделі являє собою деякий діапазон, або довірчий інтервал, в якому повинно знаходитися фактичне значення показника енергоефективності (ПЕ). Ще менші похибки забезпечують багатофакторні моделі, в тому числі, що побудовані на основі штучних нейронних мереж, а також різні фізичні моделі обладнання, що отримані за підсумками випробувань або чисельного моделювання, тут для кожного ПЕ може бути побудовано декілька моделей, а потім обрано модель з найменшою помилкою. Норми споживання ПЕР, розраховані з використанням багатофакторних моделей, дозволяють здійснювати моніторинг ПЕ в реальному часі і з мінімальною кількістю помилок, але вони повинні постійно знаходитися в актуальному стані. Для побудови моделей ПЕ особливо важливо зрозуміти, які саме фактори впливають на витрату ПЕР. Визначивши ці чинники, які в свою чергу залежать від структури БУ, можна оцінити, чи були вони об'єктивними і як можна зменшити їх вплив. Так енергоспоживання будівель залежить від великої кількості факторів: від площі будівлі, його будівельного обсягу, компактності, ступеня скління фасаду та їх орієнтації по сторонах світу, рівня теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій, наявності теплопровідних включень в їх складі, герметичності зовнішньої оболонки, оснащення будівлі приладами обліку споживаних енергоресурсів, ефективності інженерного обладнання, ступеня його автоматизації, якості управління і навіть поведінки користувачів і, звичайно, від кліматичних характеристик району розташування. Інформація по всім визначеним чинникам, спільно з даними по споживанню енергоресурсів, складатимуть повний набір вихідних даних, необхідних для формування моделей ПЕ споживання ПЕР і на основі цих даних повинні формуватися самі динамічні норми. Динамічна норма в реальному часі автоматично зіставляється з фактичними значеннями ПЕ. При відхиленнях ПЕ від норми в будь-яку сторону інформаційно-аналітична система надає можливість визначити внесок кожного з факторів, які впливають в це відхилення, що допомагає оперативно приймати управлінські рішення, а у разі досягнення економії, проходить автоматичне формування набору кращих практик по досягненню енергоефективності для їхнього подальшого застосування в схожих ситуаціях. Ще одним важливим результатом такого підходу є можливість виділення та врахування базових метеосценаріїв за допомогою самоорганізованих карт Кохонена. Використання таких сценаріїв замість лагових значень зовнішньої температури однозначно підвищує точність розрахунків і побудови прогнозів використання ПЕР. Зазначений підхід дозволить здійснювати планування споживання ПЕР на майбутні періоди і будувати відразу кілька довгострокових прогнозів, наприклад, оптимістичний і песимістичний. Це дозволяє, з одного боку, упорядкувати роботу зі закупівель енергоресурсів, а з іншого боку, оптимізувати план використання ПЕР.

Впровадження аналітично-інформаційних систем нормування споживання енергоресурсів бюджетними організаціями дозволить виявити потенціал зниження витрат на енергоресурси, сформувавши соціальну зацікавленість БУ і активізувати їх діяльність з ефективного енергоспоживання.

### Література

1. В'юненко О.Б., Толбатов А.В. та ін. Віртуальні когнітивні центри як інтелектуальні ІТ-системи моніторингу та оцінки роботи регіональних агропромислових комплексів // ВІСНИК. – 2015. – № 2. – С. 112–116.
2. Толбатов А.В. та ін. Розробка енергозберігаючої інтелектуальної системи контролю електроопалення приміщень // ФЕЕ :: 2016 : матеріали та програма наук.-техн. конф., 18–22 квітня 2016 р. – Суми : СумДУ, 2016. – С. 224.
3. Толбатов А.В., Толбатов В.А. Методологія створення бази знань життєвого циклу автономних енергогенеруючих установок // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2008. – № 1. – С. 140–146.
4. Мацюк О.В., Толбатов А.В. та ін. Методологія статистичної обробки даних газоспоживання // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2004. – № 4 (13). – С. 80–84.
5. В'юненко О.Б., Толбатов А.В. Система прогнозування витрат енергоресурсів для бюджетних установ на основі нейромережових технологій // ФЕЕ :: 2017 : матеріали та програма наук.-техн. конф., 17–21 квітня 2017 р. – Суми : СумДУ, 2017. – С. 174.

### References

1. V'yunenکو O.B., Tolbatov A.V. ta in. Virtual'ni kognityvni tsenry yak intelektual'ni IT-systemy monitorynhu ta otsinky roboty rehional'nykh ahropromyslovykh kompleksiv // VOTTP. – 2015. – №2. – S. 112–116.
2. Tolbatov A.V. ta in. Rozrobka enerhozberihayuchoyi intelektual'noyi systemy kontrolyu elektroopalennya prymishchen' // FEE :: 2016 : materialy ta prohrama nauk.-tekh. knf., 18–22 kvitnya 2016 r. – Sumy : SumDU, 2016. – S. 224.
3. Tolbatov A.V., Tolbatov V.A. Metodolohiya stvorenniya bazy znan' zhytlyevoho tsykladu avtonomnykh enerhoheneruyuchykh ustanovok // Visnyk Sums'koho derzhavnoho universytetu. Seriya Tekhnichni nauky. – 2008. – № 1. – S. 140–146.
4. Matsyuk O.V., Tolbatov A.V. ta in. Metodolohiya statystychnoyi obrobky danykh hazospozhyvannya // Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rudovyshch. – Ivano-Frankivs'k, 2004. – №4 (13). – S. 80–84.
5. V'yunenکو O.B., Tolbatov A.V. Systema prohnozuvannya vytrat enerhoresursiv dlya byudzhetnykh ustanov na osnovi neyromerezhevykh tekhnolohiy // FEE :: 2017 : materialy ta prohrama nauk.-tekh. knf., 17–21 kvitnya 2017 r. – Sumy : SumDU, 2017. – S. 174.