
doi:<https://doi.org/10.15407/emodel.40.04.095>

УДК 681.142

Б.М. Плєскач, канд. техн. наук
Ін-т проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.М. Пухова НАН України
(Україна, 03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15,
e-mail: energy@ipme.kiev.ua)

Застосування методу моделювання прецедентів для моніторингу енергетичного стану технологічного обладнання

Розглянуто актуальну проблему оперативного моніторингу та діагностування енергетичного стану виробничих та комунальних об'єктів методами штучного інтелекту. Викладено спосіб моделювання енергоспоживання технологічного обладнання, оснований на аналізі та міркуваннях з використанням моделей прецедентів енергоспоживання. Обґрунтовано доцільність використання теорії прецедентів для оперативного моніторингу енергетичного стану та діагностування виробничого обладнання. Наведено методику формування, виділення та адаптації прецедентів енергоспоживання. Подано схему функціонування прецедентної експертної системи, яка входить до складу системи оперативного моніторингу технологічного обладнання.

Ключові слова: енергетичний моніторинг, енергоефективність, моделювання прецедентів, діагностування енергетичного стану, експертна система.

Сучасні промислові підприємства надзвичайно зацікавлені в підвищенні власної конкурентоспроможності за допомогою зменшення долі енерговитрат в собівартості продукції або послуг, що надаються. Для цього вони вимушені впроваджувати більш досконалі технології, відповідне обладнання та організаційні заходи у вигляді служб енергетичного менеджменту [1]. Крім того, сучасні тенденції розвитку систем енергопостачання в напрямку їх орієнтації на альтернативні, поновлювальні джерела енергії та пов'язана з цим інтелектуалізація вимагають посилення керованості об'єктів енергоспоживання, прогнозованості та контролепридатності. Але технічний стан навіть нового обладнання з часом може погіршуватись, тобто втрачати початкову енергоефективність через появу наднормативних енерговтрат, викликаних різноманітними незначними дефектами, використанням невідповідної сировини, зміною обсягів виробництва та ін.

© Б.М. Плєскач, 2018

Сучасний енергетичний менеджмент, побудований на основі циклу управління PDCA (Plan-Do-Check-Act) включає комплекс вимірювань, які проводяться з метою підтвердження мінімально можливого рівня енергоспоживання підприємства [2]. Для проведення таких вимірювань та аналізу їх результатів використовуються автоматизовані системи енергетичного моніторингу (АСЕМ). Відома АСЕМ, яка охоплює бюджетні заклади Києва, забезпечує автоматизований облік витрат енергоресурсів, а також збір інформації про аварійні сигнали та температуру повітря в середині приміщень. Основним завданням системи є контроль ефективності споживання та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів бюджетними установами [3].

Для моніторингу енергоспоживання технологічного обладнання на підприємствах використовуються інші засоби, побудовані на основі системи SCADA та споріднених з нею систем ВАС, DCS, ERP, BMS, які дозволяють організувати у реальному масштабі часу обмін даними з контролерами обліку витрат енергоносіїв та технологічних параметрів з метою визначення базового рівня та лімітів споживання, прогнозування витрат, економії ресурсів, їх архівування та відображення в зручній формі. Інші відомі автоматизовані системи контролю і комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ, ЛУЗОД) роблять прозорим облік усіх видів енергоресурсів по усім ланкам виробництва.

До недавнього часу найбільш розповсюдженим методом енергетичного моніторингу був метод контролю питомих норм енергоспоживання, оснований на побудові функції нормативного енергоспоживання і порівнянні фактичних енерговитрат з нормативними. Нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів в Україні здійснюється відповідно до Закону України «Про енергозбереження» [4], постанови Кабінету Міністрів України від 15 липня 1997 р. № 786 «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві» [5] та основних положень [6]. Недоліки цього методу розглянуто в роботі [7].

Останнім часом у міжнародній практиці широко розповсюдженим є метод енергетичного моніторингу, який отримав назву «Energy Monitoring and Targeting». В Україні він називається «метод контролю і планування енергоспоживання» [8], в Росії — «метод цільового енергетичного моніторингу» [9]. Зазвичай при впровадженні цього методу на підприємстві виділяють окремі центри енергетичного обліку (ЦЕО), кожен з яких оснащують приладами обліку енергоспоживання. Крім даних про енергоспоживання збирають данні про режимні фактори, що на нього впливають. Ці фактори можуть бути різними, але вони мають бути незалежними і вичерпними.

У цьому методі передбачено існування лінійної регресії енергоспоживання на фактори впливу, яку називають функцією стандартного енергоспоживання і яка є середньостатистичним фактичним енергоспоживанням при різних значеннях факторів впливу. Знаючи функцію стандартного енергоспоживання $E_{ст}$, легко розрахувати економію або перевитрати енергії для будь-якого інтервалу часу за формулою $\Delta E_i = E_{ст}(F_i) - E_i = a + bF_i - E_i$, де a і b — коефіцієнти регресії; F_i і E_i — фактори впливу і енергоспоживання за i -й інтервал часу. Оскільки стандартні функції будуються по точках фактичного споживання, реально досягнутого на практиці, ті точки, що знаходяться нижче стандартної функції, відображають вже досягнуті реальні показники. Всі точки, що знаходяться вище стандартної функції, тобто вищі за середньостатистичні показники, прийнято вважати перевитратами, пов'язаними з неоптимальним споживанням енергоресурсів в відповідні інтервали часу, а ті, що знаходяться нижче, — є показниками економії енергоресурсів відносно стандартного енергоспоживання.

Таким чином, визначення енергетичного стану здійснюється на підставі порівняння фактичних витрат енергії в технологічному обладнанні із «стандартними», або вже досягнутими значеннями витрат, які можуть залежати від режимних та зовнішніх факторів впливу. Недолік цього методу визначення енергетичного стану технологічного обладнання полягає у відсутності оперативності. Тобто спочатку треба побудувати «стандартну» функцію, а потім за її допомогою визначати енергетичний стан обладнання відносно минулого. Але цікаво знати енергоефективність в поточний момент часу.

Відомі інші способи розбудови АСЕМ виробничих потужностей [10], в тому числі основані на використанні штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж [11]. Недоліком АСЕМ, побудованих за цим методом, є необхідність тривалого (до одного року) періоду навчання системи.

Для розбудови системи оперативного обчислювального моніторингу енергетичного стану технологічного обладнання доцільно застосувати метод міркувань на основі прецедентів [12]. Така система утворюється з використанням математичної моделі прецедентів енергоспоживання та програмно-апаратних засобів реалізації прецедентного методу прийняття рішень в системі оперативного моніторингу. Передумовами використання методу прецедентів є те, що, по-перше, режими енергоспоживання підпорядковані принципу регулярності, тобто подібні режими роботи обладнання мають подібне енергоспоживання на однакових проміжках часу, і, по-друге, завдання, які вирішує система моніторингу, мають тенденцію до повторення.

Метод моніторингу енергетичного стану технологічного обладнання, оснований на міркуваннях по прецедентам, має наступні переваги перед

методами, основаними на використанні правил, зокрема регресійних рівнянь, нормативів, «стандартів» та ін.:

- легкість придбання знань;
- можливість пояснення отриманих рішень;
- можливість роботи з обладнанням, для якого дуже складно визначити формальні правила енергоспоживання;
- можливість навчання в процесі роботи;
- можливість уникнути повторення помилки;
- можливість отримання рішень за допомогою модифікації прецедентів дозволяє зменшити обсяг обчислень при проведенні модернізації обладнання.

Процес функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, до яких можна віднести АСЕМ енергетичного стану технологічного обладнання, подають у вигляді CBR-циклу (case-based reasoning), що має декілька етапів [13]:

- пошук та витяг з бібліотеки прецедентів найбільш подібних прецедентів для дослідження поточної ситуації;
- використання вилучених прецедентів для вирішення поточної задачі;
- адаптація (в разі необхідності) отриманого рішення до поточної задачі;
- збереження нового рішення як нового прецеденту.

СBR-цикл системи оперативного енергетичного моніторингу наведено на рисунку. Прецедент (Case) довільної ситуації в загальному вигляді може включати наступні компоненти [13]: опис ситуації; рішення задачі $\text{Case} = \langle x_1, \dots, x_n, R \rangle$, $x_1 \in X_1, \dots, x_n \in X_n$, де x_1, \dots, x_n — параметри (опис ситуації); X_1, \dots, X_n — область допустимих значень параметрів ситуації; R — розв'язок задачі.

У випадку моніторингу енергетичного стану прецедент є структурою, що складається з опису ситуації на момент активізації прецеденту у вигляді факторів впливу, питомого енергоспоживання, яке відповідає даній ситуації або даним факторам впливу та оцінки технічного стану обладнання при такій ситуації. Зважаючи на це можна дати наступне формальне визначення прецеденту в АСЕМ енергетичного стану: це трійка $\langle \mathbf{X}, E, D \rangle$, яка складається з вектора визначальних параметрів (факторів впливу) \mathbf{X} , пов'язаного з ними питомого енергоспоживання E і ймовірного діагнозу технічного стану D . Дані в системі обчислювального енергетичного моніторингу подано множиною прецедентів енергоспоживання:

$$\{C\} = \{\langle \mathbf{X}_1, E_1, D_1 \rangle, \langle \mathbf{X}_2, E_2, D_2 \rangle, \dots, \langle \mathbf{X}_n, E_n, D_n \rangle\}.$$

Таким чином, якщо задано деякий режим роботи з визначальними параметрами \mathbf{X}_j , подібними до параметрів \mathbf{X}_i вже відомого прецеденту $C_i = \langle \mathbf{X}_i, E_i, D_i \rangle$, можна очікувати, що E_i є приблизним питомим енерго-

СВР-цикл системи оперативного енергетичного моніторингу

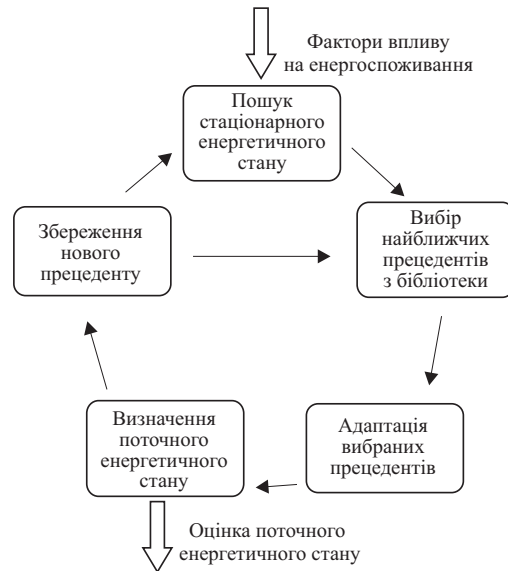
споживанням при роботі обладнання в режимі X_j . Крім того, чим ближча ситуація C_j до ситуації C_i , тим вірогідніше, що питоме енергоспоживання E_i є вирішенням ситуації C_j .

Система обчислювального оперативного моніторингу, побудована на основі методу аналізу прецедентів, є структурою, яка має вигляд $\langle M, P, K \rangle$, де M — база зберігання прецедентів, P — метрика прецедентів, K — база знань про обладнання, що піддається моніторингу. Функціонування технологічного об'єкта можна описати послідовністю станів енергоспоживання, які змінюють один одного і задаються набором різноманітних експлуатаційних параметрів об'єкта і питомим енергоспоживанням. Експлуатаційні параметри, що задають режим енергоспоживання, надалі будемо називати визначальними. Процес енергоспоживання розглядається як квазістаціонарний процес, у якому час встановлення рівноваги визначальних параметрів енергоспоживання значно менший за час їх рівноважного стану.

Часові ряди $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$, що описують зміну величин визначальних параметрів, або питоме енергоспоживання, можуть бути подані як комбінація двох різних за своєю природою компонент, кожна з яких вносить в процес аналізу часового ряду певні особливості, а саме детермінованої компоненти і випадкової компоненти.

Детермінована компонента несе відомості про процес зміни питомого енергоспоживання, або визначального параметра в часі, і є інформаційною основою при побудові прецедентної моделі енергоспоживання.

Випадкова компонента не несе інформації про розвиток контролюваного процесу і є випадковим відхиленням значень часового ряду від детермінованої компоненти. Випадкову складову можна розділити на вимірювальні та внутрішні шуми. Вимірювальні шуми є результатом неточного вимірювання контрольованих величин. Внутрішні шуми — це відображення властивостей, притаманних самому контролюваному об'єкту.



Компенсувати їх можна лише частково, використовуючи методи статистичного згладжування.

Стаціонарність енергоспоживання, а відповідно і стаціонарність часових рядів визначальних параметрів, є одним з основних факторів, які дозволяють використати метод прецедентів для енергетичного моніторингу. До часових рядів, що описують зміни визначальних режимних параметрів виробничих об'єктів, належать як стаціонарні, так і нестаціонарні процеси. Стаціонарні процеси відповідають основним режимам енергоспоживання виробничого обладнання, а нестаціонарні — перехідним режимам. Крім того, причиною появи нестаціонарності часових рядів можуть бути дрейф технічних параметрів, зумовлений старінням обладнання, зносом складових елементів та поява несправностей або позаштатних ситуацій. Стаціонарні процеси описуються горизонтальною прямою, відносно якої відбуваються флуктуації параметру [14].

Більшість процесів енергоспоживання, які описуються технічними параметрами, є стаціонарними в широкому сенсі і задовольняють умові незмінності математичного очікування і дисперсії від обсягу та розташування вибірки в часі і залежності автокорреляційної функції тільки від різниці моментів часу, тобто $M(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_m)) = \text{const}$, $D(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_m)) = \text{const}$, $r(t, \tau) = r(t - \tau)$ [14].

До складу прецедентів в системі оперативного обчислювального моніторингу енергетичного стану входять наступні компоненти:

математичні очікування визначальних параметрів $M(X_1), \dots, M(X_n)$;

статистична дисперсія визначальних параметрів $D(X_1), \dots, D(X_n)$;

коефіцієнти автокорреляції визначальних параметрів $r(X_1), \dots, r(X_n)$;

енергоспоживання за період стаціонарного стану E ;

тривалість стаціонарного стану τ ;

ймовірний діагноз технічного стану D .

Таким чином,

$$\text{Case} = \left\langle \begin{array}{c} M(X_1), \dots, M(X_n) \\ D(X_1), \dots, D(X_n) \\ r(X_1), \dots, r(X_n) \\ E, \tau, D \end{array} \right\rangle.$$

Основна мета використання апарату прецедентів в рамках АСЕМ енергетичних станів технологічного обладнання полягає в отриманні енергетичним менеджером готового рішення для поточної ситуації на основі прецедентів, які вже спостерігалися в минулому при моніторингу даного або подібного об'єкта. Існує ряд методів [15] проведення мір-

Після цього вираховуємо значення стандартного енергоспоживання для поточного прецеденту C_i за формулою

$$E_{ct} = b_0 + b_1 M_i(X_1) + b_2 M_i(X_2) + \dots + b_n M_i(X_n).$$

На четвертому етапі СВР виконується оцінка поточного енергетичного стану. Для цього розраховуємо різницю між отриманим на попередньому етапі значенням E_{ct} і поточним питомим енергоспоживанням E_i : $\Delta E_i = E_{ct} - E_i$. В залежності від отриманого значення ΔE_i робимо висновки про енергетичну ефективність роботи обладнання, яке піддається моніторингу. Якщо $\Delta E_i \approx 0$, вважається, що обладнання працює ефективно, якщо $\Delta E_i > 0$, обладнання працює із зниженими енерговитратами і економія енергії дорівнює ΔE_i , якщо $\Delta E_i < 0$, обладнання працює з енергетичними втратами, розмір яких досягає ΔE_i .

На п'ятому етапі СВР відбувається заповнення БД прецедентів новими зафіксованими прецедентами. При цьому прецеденти автоматично поповнюють БД тільки у випадку, коли обладнання працює ефективно. В усіх інших випадках особі, яка приймає рішення, надається оферта з описом ситуації, що склалася на поточний момент, для прийняття остаточного рішення, пов'язаного або з пошуком причин енергетичних втрат, або з поясненням економії енергетичних ресурсів.

Висновки

Наведене вирішення проблеми оперативного моніторингу енергетичного стану технологічного обладнання ґрунтується на використанні математичних моделей окремих ділянок стаціонарності процесу енергоспоживання у вигляді прецедентів. Математична модель прецедента — це структура, яка складається із статистичних характеристик, а саме математичного очікування, дисперсії та коефіцієнта автокореляції визначальних параметрів стаціонарного процесу енергоспоживання, питомих енерговитрат на ділянці стаціонарності, тривалості ділянки стаціонарності та оцінки технічного стану обладнання.

Запропонована модель процесу стаціонарного енергоспоживання дозволяє не тільки визначити якість енергетичного стану обладнання, а й оцінити обсяги втрат або економії енергії в процесі його експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Евдокимов В.Ф., Борукаев З.Х., Остапченко К.Б.* Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: информационно-технологические аспекты построения // Энергетика та електрифікація. 2006, №11, с. 52—57.
2. *Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П.* Энергетичний менеджмент—системний підхід до моніторингу та керуванню енергетичними процесами // Тези доп. І міжнародної науково-практичної та навчально методичної конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку», 27—29 травня 2014р. Київ, 2014, с. 9, 10.
3. *Лісовик А.В.* Автоматизована система енергомоніторингу. Презентація 2015 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.solor.gov.ua/docs/all/prezent_acem2015.pdf. Заголовок з екрану (Дата звернення: 17.10.2017).
4. *Закон України «Про енергозбереження»* // Відомості Верховної Ради України. 1994, № 30, с. 283.
5. *Постанова «Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві»*. Наказ Кабінету Міністрів України № 786. Затв.: 15.07.97. Київ: Каб. мін. України, 1997, 28 с.
6. *Основні положення з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві*. Наказ Держ. ком. України з енергозбереження № 37. Затв. 22.10.02. / Держ. ком. України з енергозбереження. Київ, 2002, 30 с.
7. *Праховник А.В., Находов В.Ф., Овдієнко О.В.* Про «нормування» питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів в умовах ринкових взаємовідносин // [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://journal.esco.co.ua/2002_6/art05.htm.
8. *Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О.* Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту // Вісник КНУТД, 2013, № 6, с. 67—76.
9. *Беляев А.С., Бубенок Е.К., Мухин Н.В.* Метод целевого энергетического мониторинга и его усовершенствование для анализа работы предприятия, выпускающего несколько видов продукции // Энергобезопасность и энергосбережение, 2011, № 2, с. 10—14.
10. *Патент України на корисну модель UA 124346 U, G05B 23/02, G06F 7/00*. Спосіб контролю витрат енергії в технологічному процесі. Куцан Ю.Г., Плескач Б.М. № 201708929; заявл. 07.09.2017; опубл. 10.04.2018, Бюл. № 7.
11. *Patent No US 7,103,452 B2, G06F 19/00. Method and system for targeting and monitoring the energy performance of manufacturing facilities.* Theodora Retsina. Prior Publication Data US 2005/0143953 A1 Jun. 30, 2005. Date of Patent: Sep. 5, 2006.
12. *Варшавский П.Р., Еремеев А.П.* Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009, № 2, с. 45—57.
13. *Alterman R.* Panel discussion, methodological variations, and system approaches // AI Communications. IOS Press. 1994, Vol. 7, No. 1, p. 39—59.
14. *Соколова Э.С., Ляхманов Д.А.* Анализ временных рядов технических параметров промышленных объектов // Тр. Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 1999, № 2, с. 88—95.
15. *Варшавский П.Р., Еремеев А.П.* Реализация методов поиска решения на основе аналогий и прецедентов в системах поддержки принятия решений // Вест. МЭИ, 2006, № 2, с. 77—87.

Отримано 21.06.18

REFERENCES

1. Evdokimov, V.F., Borukaev, Z.Kh. and Ostapchenko, K.B. (2006), "Computer model of monitoring of energy efficiency: information and technological aspects of construction", *Energetyka ta elektrifikatsiya*, no. 11, pp. 52-57.
2. Stogniy, B.S., Kirilenko, O.V. and Denisyuk, S.P. (2014), "Energy management - system approach to monitoring and management of energy processes", *Abstract Theses of the I International Scientific-Practical and Educational Methodical Conference "Energy Management: the State and Prospects of Development"*, Kyiv, May 27-29, 2014, pp. 9-10.
3. Lesovik, A.V. (2015), "Automated system of energy monitoring", Presentation of 2015, available at: http://www.solor.gov.ua/docs/all/prezent_acem2015.pdf. (Date of reference: 10/17/2017).
4. The Law of Ukraine "On Energy Saving" (1994), *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, no. 30, p. 283.
5. Resolution "On the procedure for the standardization of specific expenditures of fuel and energy resources in public production", Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 786, 1997, approved 15.07.97, Cabinet of Ministers of Ukraine, Kyiv.
6. Basic provisions for the standardization of specific costs of fuel and energy resources in public production. Order of the State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine № 37, 2002, approved 22.10.02, State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, Kyiv.
7. Prakhovnik, A.V., Nakhodov, V.F. and Ovdiyenko, O.V. (2002), "About «normalization» of specific expenditures of fuel and energy resources in the conditions of market relations", available at: http://journal.esco.co.ua/2002_6/art05.htm.
8. Nakhodov, V.F., Borichenko, O.V. and Ivanko, D.O. (2013), "Control of efficiency of energy use in the energy management system", *Visnyk Kyivskoho Natsionalnoho Universitetu Tekhnologiy ta Deszainu*, no. 6, p. 67-76.
9. Belyaev, A.S., Bubenok, E.K. and Mukhin, N.V. (2011), "Method of target energy monitoring and its improvement to analyze the work of an enterprise that produces several types of products", *Energobezopasnost i energosberezhenie*, no. 2, pp. 10-14.
10. Kutsan, Yu.G., Pleskach, B.M (2011), Patent of Ukraine for Utility Model UA 124346 U, G05B 23/02, G06F 7/00, "Method for controlling energy losses in a technological process", no. 201708929; application date September 7, 2017; publication date April 10, 2018, Bulletin no. 7.
11. Theodora Retsina (2006), Patent No. US 7,103,452 B2, G06F 19/00; Method and system for targeting and monitoring the energy performance of manufacturing facilities, Prior Publication Data US 2005/0143953 A1 June 30, 2005, Date of Patent: September 5, 2006.
12. Varshavsky, P.R. and Eremeyev, A.P. (2009), "Modeling of reasoning based on precedents in intellectual systems for decision-making support", *Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy*, no. 2, pp. 45-57.
13. Alterman, R. (1994), Panel discussion, methodological variations, and system approaches, *AI Communications. IOS Press*, no. 7, pp. 39-59.
14. Sokolova, E.S. and Lyakhmanov, D.A. (1999), "An analysis of time series of technical parameters of industrial objects", *Proceedings of the R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University*, no. 2, pp. 88-95.
15. Varshavsky, P.R. and Eremeyev, A.P. (2006), "Realization of decision search methods on the basis of analogies and precedents in decision support systems", *Vestnik MEI*, no. 2, pp. 77-87.

Received 21.06.18

Б.Н. Плескач

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕЦЕДЕНТОВ
ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрена актуальная проблема оперативного мониторинга и диагностирования энергетического состояния производственных и коммунальных объектов методами искусственного интеллекта. Изложен способ моделирования энергопотребления технологического оборудования, основанный на анализе и рассуждениях с использованием моделей прецедентов энергопотребления. Обоснована целесообразность использования теории прецедентов для оперативного мониторинга энергетического состояния и диагностики производственного оборудования. Описана методика формирования, выделения и адаптации прецедентов энергопотребления. Приведена схема функционирования прецедентной экспертной системы, входящей в состав системы оперативного мониторинга технологического оборудования.

К л ю ч е в ы е с л о в а: энергетический мониторинг, энергоэффективность, моделирование прецедентов, диагностирование энергетического состояния, экспертная система.

В.М. Pleskach

APPLICATION OF THE METHOD FOR MODELING PRECEDENTS
FOR MONITORING THE ENERGY STATE OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

The urgent problem of operative monitoring and diagnostics of the energy state of industrial and communal facilities, based on the methods of artificial intelligence, has been considered. A way of modeling the energy consumption of process equipment is described, it is based on the analysis and reasoning using energy consumption precedent models. The advisability of using the theory of precedents for operational monitoring of the energy state and diagnostics of production equipment is reflected. The methodology for the formation, separation and adaptation of energy consumption precedents, the scheme of the functioning of the case-law expert system that is part of the operational monitoring system for technological equipment is presented.

К e y w o r d s: energy monitoring, energy efficiency, modeling of precedents, diagnosis of energy status, expert system.

ПЛЕСКАЧ Борис Миколайович, канд. техн. наук, докторант Ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова НАН України. У 1978 р. закінчив Миколаївський ордена Трудового Червоного Прапора кораблебудівний ін-т ім. адм. С.О. Макарова. Область наукових досліджень — інформаційні технології для підтримки прийняття рішень при діагностуванні технічних систем.

