

Ю.П. Міляєв, канд. техн. наук, доцент
О.М. Тачиніна, канд. техн. наук, доцент
Ю.А. Захарченко, Н.П. Соколова
Національний авіаційний університет

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ У ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Питання аналізу ефективності використання енергетичних ресурсів для бюджетної сфери є актуальними, по-перше, через зношеність фонду будівель, по-друге, через відсутність бюджетного фінансування на покриття комунальних витрат і проведення заходів з енергозбереження та санації будівель. Для розробки та реалізації галузевих програм з енергоефективності, необхідна розробка методики оцінки стану енергетичних господарств ВНЗ та їх будівель та рівня ефективності використання енергії в них, яка дозволить за невеликого об'єму фінансування визначати об'єкти, що потребують першочергової реалізації заходів з енергоефективності.

Для вирішення проблеми побудови оптимальної моделі енергозберігаючих заходів підприємства з урахуванням фінансових обмежень пропонується використання методологічного апарату штучних імунних систем. Пропонується алгоритм із застосуванням еволюційних методів штучних імунних систем для синтезу оптимальних моделей впровадження енергозберігаючих заходів у ВНЗ, який був реалізований у автоматизованій системі прийняття рішень комплексної програми енергозбереження у галузі освіти.

Ключові слова: енергозбереження, заклади освіти, автоматизована система, алгоритми штучних імунних систем

Вступ

Зважаючи на низький рівень ефективності енерговикористання в бюджетній сфері, виникає необхідність проведення структурного аналізу використання енергії та створення цілісної моделі управління процесами енергоспоживання та енергозбереження (ПЕЕ) в бюджетних закладах, в тому числі й галузі освіти.

Оптимальне управління ПЕЕ окремих установ та галузі в цілому потребує розвитку та вдосконалення науково-технічних та управлінських методів. Пропонується підхід розбудови системи управління ПЕЕ галузі освіти для створення методичних засад та алгоритмічної бази збору, обробки, аналізу інформації з енерговикористання, прийняття управлінських рішень та проведення енергетичного аудиту; контролю енергоспоживання; вдосконалення системи лімітування енергоспоживання. Нагальна необхідність створення ефективної системи управління ПЕЕ галузі освіти та недостатній ступінь розробки теоретико-методологічних підходів оцінки рівня енергоефективності, з одного боку, та важливість результатів даного дослідження для забезпечення сталого розвитку країни, з іншого, свідчать про об'єктивну необхідність проведення подальшого вивчення зазначеного наукового дослідження.

Постановка задачі

Один з можливих способів вирішення проблеми енергозбереження - глобальний облік використання енергії. Однак, це можливо лише шляхом створення автоматизованих систем збору інформації про використання енергії. Такі системи є основою для подальшого аналізу і обробки даних. Автоматизована система енергоменеджменту повинна включати автоматичні пости моніторингу енергоспоживання і температурного режиму в будівлях, систему передачі даних на централізовану базу даних і програмні модулі, що дозволяють проводити аналіз інформації. Інформаційною основою такої системи повинна бути централізована база даних, наповнювана як суб'єктами моніторингу, так і автоматично, за рахунок даних, що надходять з автоматизованих постів. Така інформаційна система може застосовуватися для проведення енергетичних експрес-обстежень об'єктів за методикою, при якій враховуються як натуральні показники енергоспоживання, так і господарські дані об'єктів моніторингу.

Організація системи енергоменеджменту включає в себе сім етапів :

- створення бази даних питомих показників енерго- і ресурсоспоживання ;
- складання енергетичних паспортів об'єктів;
- побудова стандартизованих графіків ресурсоспоживання, визначення середнього рівня і виявлення відхилень ;

- аналіз причин відхилень у споживанні енергоресурсів від оптимального рівня ;
- проведення енергоаудиту на об'єктах з підвищеним енергоспоживанням ;
- розробка проектів енергозбереження;
- безперервне підтримання системи енергоменеджменту в працездатному стані та оновлення даних .

Під час виконання та впровадження необхідних вимог виникає ряд незручностей та проблемних факторів[1]:

1. Необхідно збирати, зберігати й обробляти великий обсяг різномірної інформації, що й збільшується в обсязі (енергопрофілі, енергопаспорта, дані про реалізацію обов'язкових заходів, дані про фактичну економію спожитих ресурсів по всіх бюджетних об'єктах і т.д.);

2. Над зібраними даними необхідно проводити обчислення й виконувати їх обробку по складних алгоритмах в умовах мінливих вимог законодавства (розрахунок економії в порівняльних умовах і питомих величинах, розрахунок цільових показників та індикаторів, прогнозування споживання);

До того ж це все необхідно реалізовувати в умовах різномірності технічних рішень по збору даних про споживання ресурсів (або їх відсутності) та невідповідності осіб відповідальних за енергозбереження.[2]

Таким чином метою проекту є підвищення ефективності управління енергозбереженням у сфері освіти.

Завдання проекту наступні:

- дослідження поточного стану у сфері споживання енергоресурсів в освітніх установах;
- розробка концепції управління енергозбереженням для освітніх установ;
- проектування та створення автоматизованої системи управління енергозбереженням для освітніх установ;
- апробація системи в освітніх установах;
- формування організаційно-методичних умов для реалізації системи управління енергозбереженням для освітніх установ.

Алгоритм розв'язання поставленої задачі

Існує багато схем щодо раціонального використання енергоресурсів з урахуванням типів виробництва та умов роботи. Проте основним чинником при впровадженні даних пропозицій з енергоменеджменту є фінансові можливості об'єкту енергоспоживання, які і формують перелік та об'єм заходів.

У даній роботі пропонується модель заходів з енергозбереження у вищому навчальному закладі та вказаний дискретний числовий діапазон кожного параметру з урахуванням мінімальних та максимальних потреб закладу щодо певного виду заходу з енергозбереження.

$$M_E(N, D, \varepsilon), \quad (1)$$

де M_E – модель енергозберігаючих заходів;

N – множина k енергозберігаючих заходів n_i , запропонованих для застосування у ВНЗ, $n_i \in N, i = \overline{1; k}$;

D – множина параметрів кожного енергозберігаючого заходу, $d_j^{n_i} \in d_{n_i}, d_{n_i} \in D$; ε – обмеження екологічної безпеки щодо впровадження n_i -го заходу.

Цільова функція поставленої задачі відповідно до сформованої моделі має наступний вигляд:

$$M_E(N, D, \varepsilon) \rightarrow \min C, \quad (2)$$

з обмеженням

$$\begin{cases} C \geq C_{min} \\ C_W \rightarrow \max, \\ P_{CO} \rightarrow \min \end{cases}$$

де C – загальний обсяг фінансових коштів, виділених на впровадження енергозберігаючих технологій;

C_{min} – мінімальний обсяг фінансових коштів, на впровадження енергозберігаючих технологій (вводиться для наближення значення цільової функції до об'єму виділених коштів та запобіганню прагнення цільової функції до нульового значення);

C_W – показник економії енергії після впровадження запропонованого енергозберігаючого заходу, приймає кількісне значення;

P_{CO} – величина шкідливих для екологічного стану викидів, яка відбувається внаслідок впровадження даного енергозберігаючого заходу.

Для вирішення проблеми побудови оптимальної моделі енергозберігаючих заходів підприємства з урахуванням фінансових обмежень було проведено аналіз основних методів оптимізації. Зважаючи на усі

переваги та недоліки оптимізаційних методів, пропонується використання методологічного апарату штучних імунних систем. Модель енергозбереження подається у вигляді антитіла (масиву даних, комірками яких є числове значення певного заходу з енергозбереження). Довжина антитіла дорівнює кількості запропонованих заходів, а кожен сегмент антитіла змінюється у рамках встановленого алфавіту множини параметрів D .

Таблиця 1

Загальний вигляд антитіла моделі енергозберігаючих заходів

n_1				n_2				...	...	n_k			
$d_1^{n_1}$	$d_2^{n_1}$	...	$d_j^{n_1}$	$d_1^{n_2}$	$d_2^{n_2}$	...	$d_j^{n_2}$			$d_1^{n_k}$	$d_2^{n_k}$	...	$d_j^{n_k}$

При формуванні антитіла моделі енергозберігаючих заходів запропоновано використання бінарних значень для генів антитіла: 0 – якщо захід вирішено не використовувати, 1 – якщо захід впроваджуватиметься.

Алгоритм побудови оптимальної моделі вибору заходів з енергозбереження:

Крок 1: Випадковим чином вибрати антитіла Ab_j ($Ab_j \in Ab$).

У векторі антитіла, де кожна комірка відповідає наявності або відсутності певного енергозберігаючого заходу, який пропонується для впровадження у навчальному закладі, проставляємо значення 1 або 0, застосовуючи оператор випадковості. Створюємо набір таких антитіл (векторів енергозберігаючих заходів) заданої розмірності N .

Крок 2: Визначити вектор f_j , який містить афінність усіх N антитіл з Ab .

Афінність антитіла для нашої моделі отожднюється з цільовою функцією оптимізації моделі. Так як кожен захід з енергозбереження для певного навчального закладу потребує різних фінансових витрат, то відповідно й модель та цільова функція для кожного закладу освіти прийматиме свої значення. На даному кроці алгоритму створення оптимальної моделі необхідно внести до загальної суми витрат на впровадження заходів енергозбереження в навчальному закладі вартість впровадження того енергозберігаючого заходу, ген антитіла якого має значення 1. Таким чином формується вектор значень цільової функції.

Крок 3: Вибрати n антитіла з найвищою афінністю з Ab і створити новий набір $Ab_j\{n\}$.

На даному кроці антитілами із найвищою афінністю вважаються ті, що мають значення цільової функції менше за встановлене попередньо (виділений обсяг фінансових коштів). Ці антитіла ранжуються по спаданню своїх значень.

Крок 4: Клонувати відібрані n антитіл пропорційно до їхньої антигенної афінності, роблячи репертуар C_j клонів: чим вища антигенна афінність, тим більше число клонів, зроблених для кожного з n відібраних антитіл.

Крок 5: Застосування механізму дозрівання афінності до репертуару C_j обернено пропорційно антигенної афінності його антитіл (чим вища афінність, тим менший рівень мутації), одержати популяції C_j^* готових клонів.

Процес мутації передбачає генерування на основі обраного антитіла із множини клонів нових таким чином, щоб значення афінності (цільової функції) новоутворених векторів енергозберігаючих заходів задовольняло умові (2).

Крок 6: Визначення афінності f_j^* клонів C_j^* .

Визначення значень цільової функції відбувається за аналогією з Кроком 2.

Крок 7: Із цього набору клонів C_j^* повторно відібрати n антитіл з найвищою афінністю й занести їх в $Ab_j\{n\}$.

Крок 8: Замінити d антитіл із самою низькою афінністю з $Ab\{r\}$ новими індивідуумами (векторами енергозберігаючих заходів, згенерованих випадковим чином по аналогії з Кроком 1).

Крок 9: Перевірити умову завершення оптимізації (завершити оптимізацію при її виконанні, інакше перейти до кроку 2).

При виконанні послідовності дій алгоритму клонального відбору штучної імунної системи над вектором енергозберігаючих заходів, запропонованих на впровадження у конкретному навчальному закладі із орієнтацією на обмеження за об'ємом фінансових коштів, формується оптимальна модель заходів з енергозбереження, яка задовольняє цільовій функції (2) та її обмеженням.

Даний алгоритм був реалізований у автоматизованій системі синтезу оптимальних моделей впровадження енергозберігаючих заходів у вищому навчальному закладі (рис. 1, рис. 2). Використовуючи можливості мови програмування Delphi і механізм керування базами даних BDE, легко реалізувати алгоритми функціонування автоматизованої системи програмно. Розроблена автоматизована система побудови оптимальних моделей впровадження енергозберігаючих заходів у закладах освіти складається з чотирьох модулів.

Прикладом такої моделі може бути наступний вектор:

Приклад оптимальної моделі енергозберігаючих заходів

Номер заходу енергозбереження	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Наявність заходу енергозбереження	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0

Основним модулем системи інформаційного обслуговування є модуль адміністрування. У ньому організовані функції, призначені для зберігання, обробки й аналізу даних про навчальні заклади та користувачів, які мають право вносити дані. Ведеться облік навчальних закладів, додавання нових, видалення існуючих з бази даних. Організовані функції зручного фільтрування (виборки) за різними ознаками, а також швидкий пошук по назві повній або скороченій.

Модуль ініціалізації виконує функції навігатора по розподілу доступу до різних частин програми й взагалі несе тільки інформаційного навантаження, тільки в окремих випадках виконує ряд незначних процедур, таких як підключення до бази даних і т.ін.

Модуль даних є контейнером для не візуальних компонентів, які забезпечують доступ до файлу бази даних і його таблиць. Для компонентів виконується установка значень властивостей, які зв'язують між собою ці компоненти й таблицю БД. Значення властивостей встановлюються динамічно в процесі виконання додатка.

Модуль звітів формує вихідні документи у вигляді діаграм, списку рекомендацій, сформованих моделей відповідно до розробленого у роботі алгоритму.

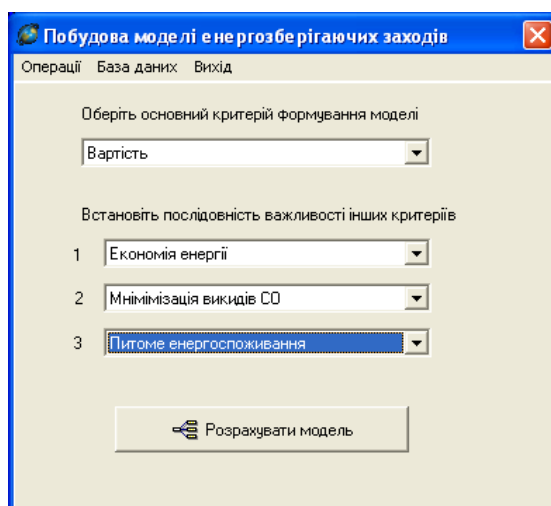


Рис. 1. Головне вікно автоматизованої системи інтезу оптимальних моделей впровадження енергозберігаючих заходів у вищому навчальному закладі

Навчальний заклад	Обсяг	Одиниці виміру	Витрати (тис. грн)	Економія енергії	CO2
Волинський національний університет (корпус № Здакова)	11500	м3 природного	2500	38006	78.30
Волинський національний університет (навчальний корпус)	10003051758	Гкал	89	163170	317.3
Глухівський державний педагогічний університет (навчальн	48000	м3 природного	400	158632	161.6
Глухівський державний педагогічний університет (навчальн	70	Гкал	60	81410	
Глухівський державний педагогічний університет (спортивн	48000	м3 природного	400	158632	161.6
Державна льотна академія України м. Кіровоград (Навчал	60000	кВт*год	504	60000	
Державна льотна академія України м. Кіровоград (Навчал	70000	кВт*год	1128	70000	
Донецька державна машинобудівна академія м. Краматор	300	Гкал	1500	1046700	3916
Донецький державний технічний університет м. Алчевськ:	234000	м3 природного	240	773333	4736
Донецький національний технічний університет (навчальні	908	Гкал	877	1057167	7085
Донецький національний університет (навчальні корпуси та	280	Гкал	3500	325640	
Донецький національний університет (навчальні корпуси, п	7200	кВт*год	75	7200	4.400
Донецький національний університет економіки і торгівлі (Н	1160	Гкал	1174	1349080	1803
Житомирський державний університет (навчальні корпуси)	1120	Гкал	400	1302560	
Закарпатський державний університет (навчальні корпуси)	26000	м3 природного	1950	85326	29.15
Закарпатський державний університет (навчальні корпуси)	19000	м3 природного	1700	62792	59.80
Запорізький національний університет (навчальні корпуси)	700	Гкал	420	814100	
Запорізький національний університет (навчальні корпуси)	340000	кВт*год	150	340000	
Запорізький національний університет (навчальні корпуси)	250	Гкал	900	290790	391.1
Івано-Франківський національний технічний університет на	14000	кВт*год	500	14000	
Івано-Франківський національний технічний університет на	1000	Гкал	200	1163000	7964
Кам'янець-Подільський національний університет (навчал	115000	кВт*год	360	115000	

Рис. 2. Форма редагування основної бази даних

Висновки

Таким чином, був розроблений алгоритм із застосуванням еволюційних методів штучних імунних систем для синтезу оптимальних моделей впровадження енергозберігаючих заходів у ВНЗ, який був реалізований у автоматизованій системі прийняття рішень комплексної програми енергозбереження у галузі освіти.

Список літератури

1. Литвиненко В.І., Дідик О.О., Захарченко Ю.А. Компьютерная система для решения задач классификации на основе модифицированных иммунных алгоритмов // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. №2(22) – Херсон, 2008. – С. 66-73.
2. Аналіз енергетичних показників навчального корпусу / А.В. Праховник, В.І. Дешко, О.М. Шевченко // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 4. – С. 58-67.

**Y. Milyaev, O. Tachinina,
Y. Zaharchenko, N. Sokolova
National Aviation University**

AUTOMATED SYSTEM FOR BUILDING OPTIMAL MODELS ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Question analysis of efficiency of use of energy resources acutely in the public sector, firstly, because of the depreciation of the building stock, and secondly, due to the lack of budget funding to cover utility costs and activities on energy conservation and rehabilitation of buildings. For the development and implementation of sectoral programs on energy efficiency, the need to develop methodologies for evaluating the state of the energy sector and university buildings and the level of energy efficiency in them that would allow a short time and with a small amount of funding to identify items that require priority implementation energy efficiency measures.

To solve the problem of constructing an optimal model of energy saving measures on the basis of enterprise financial constraints proposed methodological apparatus using artificial immune systems. On this basis, the algorithm has been developed using evolutionary techniques of artificial immune systems for the synthesis of optimal models of energy efficiency measures in universities, which was implemented in the automated decision-making system of comprehensive energy efficiency programs in the field of education.

Keywords: energysaving, educational institutions, automated system, algorithms of artificial immune systems

1. V.I. Litvinenko, Didik O.O, Zaharchenko Y.A. Computer system for solving classification based on modified immune algorithms // Automation. Automation. Electrical equipment and systems. № 2 (22) - Kherson, 2008. - P. 66-73.

2. Analysis of the energy performance of school building /A.V Prakhovnik, V.I.Deshko, O.N.Shevchenko // Energy and Electrification. - 2011. - № 4. - P. 58-67.

УДК 65.011.56:378:621.796.004.4 (045)

Ю.П. Миляев, канд. техн. наук, доцент,
Е.Н. Тачинина, канд. техн. наук, доцент,
Ю.А. Захарченко, Н.П. Соколова

Национальный авиационный университет

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ

Вопросы анализа эффективности использования энергетических ресурсов для бюджетной сфере актуальны, во-первых, из-за изношенности фонда зданий, во-вторых, из-за отсутствия бюджетного финансирования на покрытие коммунальных расходов и проведение мероприятий по энергосбережению и санации зданий. Для разработки и реализации отраслевых программ по энергоэффективности, необходима разработка методики оценки состояния энергетических хозяйств вузов и их зданий и уровня эффективности использования энергии в них, которая бы позволила в короткие сроки и небольшого объема финансирования определять объекты, требующие первоочередной реализации мероприятий по энергоэффективности.

Для решения проблемы построения оптимальной модели энергосберегающих мероприятий предприятия с учетом финансовых ограничений предлагается использование методологического аппарата искусственных иммунных систем. На этой базе был разработан алгоритм с применением эволюционных методов искусственных иммунных систем для синтеза оптимальных моделей внедрения энергосберегающих мероприятий в вузе, который был реализован в автоматизированной системе принятия решений комплексной программы энергосбережения в области образования.

Ключевые слова: энергосбережение, учебные заведения, автоматизированная система, алгоритмы искусственных иммунных систем

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЕЛИЧИНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Дана стаття присвячена питанням вдосконалення підходів визначення чинників, які суттєво впливають на величину витрати енергії при здійсненні відповідних технологічних процесів. Зокрема, проаналізовано необхідність визначення чинників, від яких залежить величина споживання палива та енергії на будь-якому виробничому об'єкті. Розглянуто методи математичного моделювання, які можуть бути застосовані для встановлення «Стандарту» енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності. Виконано порівняння наведених методів визначення чинників, які впливають на величину витрати енергії при здійсненні відповідних технологічних процесів.

Ключові слова: «стандарт» енергоспоживання, математична модель, системи оперативного контролю енергоефективності.

Вступ. Одним із пріоритетних напрямів підвищення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на виробничих об'єктах України є побудова систем енергетичного менеджменту. Застосування таких систем дозволяє здійснювати безперервне управління енергоспоживанням з метою раціоналізації використання ПЕР та зменшення їх споживання при незмінних обсягах випущеної продукції [1].

Однією зі складових частин систем енергетичного менеджменту є підсистема оперативного управління ефективністю використання ПЕР, яка являє собою сукупність систем контролю і планування енергоспоживання (систем КіП). В таких системах оцінка рівня ефективності споживання ПЕР на будь-якому виробничому об'єкті здійснюється шляхом порівняння фактичних показників споживання енергетичних ресурсів з так званими цільовими змінними, які часто називають також «стандартами» енергоспоживання [2].

Постановка проблеми. «Стандарт» енергоспоживання являє собою певну математичну модель споживання палива або енергії, побудовану для окремого виробничого об'єкту, в залежності від чинників, які суттєво впливають на величину витрати енергії при здійсненні відповідних технологічних процесів [3]. Відомо, що величина споживання палива та енергії на будь-якому виробничому об'єкті залежить від великої кількості різноманітних чинників, які до того ж можуть впливати один на одного. До цих чинників, зокрема, можна віднести обсяг виробництва продукції або виконання роботи, тривалість та режими роботи обладнання, окремі параметри технологічного процесу і виробничих умов, показники, що характеризують особливості організації виробництва тощо. Для кожного конкретного виробничого об'єкту склад таких чинників, їх вплив на енергоспоживання та тіснота зв'язку між ними є суттєво різними. Тобто неможливо визначити деякий універсальний їх склад, який би дозволив будувати адекватні математичні моделі енергоспоживання для будь-яких виробничих об'єктів, навіть однотипних за призначенням. Тим часом як коректність та об'єктивність контролю енергоефективності, що здійснюється на основі встановлених «стандартів» енергоспоживання, цілком залежить від повноти врахування всіх чинників, що суттєво впливають на витрати палива чи енергії на тому чи іншому об'єкті.

Однак при цьому необхідно звернути увагу, що врахування у математичній моделі незалежних змінних, які мають незначний вплив на енергоспоживання, призводить не лише до ускладнення процесу побудови «стандартів» та зниження їх адекватності, але й до значних перевитрат фінансових та трудових ресурсів, тому що врахування впливу кожного додаткового чинника може вимагати встановлення на об'єкті контролю енергоефективності додаткових вимірювальних приладів а також значних витрат робочого часу на збір та обробку відповідних статистичних даних.

В літературних джерелах, присвячених побудові традиційних систем КіП, можна зустріти лише деякі рекомендації щодо складу чинників, що можуть впливати на обсяги споживання енергії виробничим обладнанням окремих галузей промисловості, але не розглядаються питання методології вибору найбільш доцільного складу чинників для кожного конкретного об'єкту контролю енергоефективності [4].