DOI: <https://doi.org/10.15407/emodel.43.03.075>
УДК 004.94 : 004.4'2

Б.М. Плєскач, канд. техн. наук, **В.Д. Самойлов**, д-р техн. наук
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є Пухова НАН України
Україна, 03164, Київ, вул. Генерала Наумова, 15
e-mail: energy@ipme.kiev.ua

Комп'ютерна сценарно-прецедентна технологія тренування енергоменеджерів

Розглянуто актуальне питання розробки тренажерів та розвитку теоретичних засад застосування комп'ютеризованих систем для тренування енергоменеджерів. Об'єктом дослідження є практична діяльність персоналу підприємства, спрямована на підвищення енергетичної ефективності виробничих систем різного призначення. В основу досліджень покладено сценарне моделювання дій енергоменеджера і прецедентне моделювання реакцій обладнання на такі дії. Моделювання дій енергоменеджера ґрунтується на циклі Демінга, а моделювання реакцій виробничих систем — на випадках квазістаціонарного енергоспоживання технологічної системи. Програмна платформа запропонованої технології складається з бази прецедентів квазістаціонарного енергоспоживання та програмних модулів, які відтворюють цикл управління PDCA (Plan-Do-Check-Act). Технологія дозволяє відпрацьовувати дії енергоменеджера, спрямовані на планування енергозберігаючих заходів та обчислення фінансово економічних результатів, досягнутих при їх впровадженні.

К л ю ч о в і   с л о в а: енергетичний менеджмент, комп'ютерний тренажер, сценарно-прецедентна технологія.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження Україна щорічно споживає близько 210 млн. т паливно-енергетичних ресурсів і приблизно половину цих потреб держава покриває за рахунок власних джерел. Така структура енергоресурсів вимагає всебічного впровадження енергозберігаючих заходів, спрямованих на зменшення енергетичних втрат. Більша частина втрат (до 90 %) припадає на сферу енергоспоживання, тоді як втрати при передачі електроенергії складають лише 9—10 % [1]. Тому основні зусилля з енергозбереження в Україні повинні бути зосереджені саме в сфері споживання електроенергії.

Головною рушійною силою підвищення енергетичної ефективності на підприємствах є енергетичний менеджмент. У 2018 р. було опубліковано

© Плєскач Б.М., Самойлов В.Д., 2021

поновлений стандарт ISO 50001:2018 [2], який встановлює вимоги до системи енергетичного менеджменту (СЕНМ) організації. Основою таких вимог є відома концепція постійного поліпшення якості «Плануй—Виконуй—Перевірй—Дій» (Plan, Do, Check, Act (PDCA) — цикл Демінга. У контексті енергетичного менеджменту підхід на основі циклу PDCA може складатись з циклічного планування діяльності СЕНМ, виконання запланованих дій, перевірки отриманих результатів та корегування невідповідності очікуванням.

Фахівців з енергетичного менеджменту готують в багатьох навчальних закладах України, а також на курсах підвищення кваліфікації при різних технічних навчальних закладах. В процесі навчання вони отримують широке коло теоретичних і практичних знань, які в подальшому будуть використовувати на підприємстві. Але навички застосовувати ці знання в циклі PDCA можна отримати або в реальних умовах роботи, або за допомогою спеціальної (тренажерної) підготовки. Оскільки перший варіант може бути пов'язаний із зайвими витратами та ризиками, перевагу слід віддавати тренажерній підготовці фахівців з енергоменеджменту.

Одним із напрямків підготовки і підвищення кваліфікації енергоменеджерів є розробка і впровадження в навчальний процес інтелектуальних комп'ютерних тренажерних систем. Відмінність інтелектуальної тренажерної системи від автоматизованої полягає в тому, що інтелектуальна система спрямована на діагностику процесу тренування та його коригування [3].

Розглянемо моделювання процесу управління енергоспоживанням підприємства і формування на його основі технології комп'ютерного сценарно-прецедентного тренування фахівців з енергетичного менеджменту, здатної забезпечити дистанційний тренувальний процес.

Огляд літературних джерел. Одним із напрямків підвищення кваліфікації персоналу, залученого до управління енергоспоживанням промислових підприємств, є використання спеціалізованих тренувальних систем. В роботі [4] зазначено актуальність і важливість створення інтелектуальних тренажерів для фахівців з енергетичного менеджменту. Наведено приклади тренажерів «Ефективність теплової ізоляції», «Енергетичний аудит виробничого цеху», «Ефективність освітлювальних приладів», «Регулювання продуктивності помпи». Однак ці тренажери не відтворюють процес енергетичного менеджменту підприємства комплексно, зосереджуючись на окремих технологічних системах.

В роботі [5] розглянуто методи побудови моделей для тренажерів, способи зображення діяльності персоналу і сценарії тренажерних занять, описано моделі оцінювання в комп'ютерних системах підготовки персоналу служб з добре формалізованою діяльністю. Але вони не торкаються

служб, діяльність яких формалізовано в загальних рисах, до яких можна віднести служби енергетичного менеджменту промислових підприємств і об'єктів житлово-комунального господарства.

Відомий симулятор «Energy Manager» [6], призначений для підготовки енергоменеджерів-електриків, складається з різних автономних тренажерів, за допомогою яких можна досліджувати рівень якості електричних мереж, гармонік, а також наявність електричного і магнітного поля. Він дозволяє вивчати процеси, які протікають в електричних мережах, але не виробляє навички загального підходу до діяльності енергоменеджера.

Відома також модель сценарно-прецедентної інтелектуальної тренажерно-навчальної системи, призначеної для тренування у предметних областях [7], що важко формалізуються, зокрема, у галузі судноводіння.

Наведений огляд свідчить про недостатнє висвітлення в науковій літературі теми комп'ютерних тренажерів, призначених для закріплення навиків та вмінь по управлінню енергоспоживанням технологічного обладнання промислових об'єктів.

Модель діяльності енергоменеджера на підприємстві. У енергослужби промислового підприємства часто не вистачає часу і можливості займатися питаннями економного витрачання енергії. На відміну від служби експлуатації, головним завданням служби управління енергоспоживанням є зниження витрат на енергоресурси при забезпеченні необхідної їх кількості та якості. Діяльність служби енергетичного менеджменту відбувається нерозривно та послідовно на трьох рівнях: підприємство, структурна одиниця підприємства та технологічна система.

Управління енергоспоживанням на рівні підприємства оснований на комплексному дослідженні технології і енергетики виробничих процесів. Складаються карти споживання енергії, аналізуються енергетичні баланси, визначаються базові рівні споживання енергії підрозділами, розраховуються ключові дані щодо підвищення ефективності використання енергії, в цілому і по окремих виробництвах.

На рівні структурних підрозділів, або технологічних систем збирають дані лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури; розраховують показники ефективності використання енергії в підрозділі; визначають і впроваджують заходи по економії енергії, які не потребують інвестицій або з мінімальними інвестиціями; визначають і оцінюють заходи по економії енергії, що вимагають більших інвестицій.

При плануванні енергозберігаючих заходів враховують економічні показники усього технологічного обладнання підприємства в комплексі і кожної системи окремо. Враховують такі фінансово-економічні обмеження, як наявність інвестиційних ресурсів, термін окупності заходів, норма прибутку, ставка дисконтування, відсоток кредитування та ін. Методи розрахунку таких обмежень наведено в роботі [8].

Головним інструментом енергоменеджера є організація періодичних енергетичних обстежень обладнання і постійне спостереження та наліз енергетичної ефективності технологічного процесу, наприклад за методологією «Monitoring and Targeting», відомою в Україні під назвою «система контролю і планування» (КіП) [9]. Результатом таких дій є створення і впровадження планів з підвищення енергоефективності. Зміст діяльності енергоменеджера здебільшого залежить від розмірів і особливостей енергетичного господарства підприємства, але в будь-якому випадку форма повинна відповідати циклу Демінга [10].

Методологія КіП полягає у наступному. Для аналізу енергетичної ефективності на кожній крупній технологічній системі створюють центри енергетичного обліку (ЦЕО), обладнані лічильниками енергетичних витрат. Крім даних по енергоспоживанню, в ЦЕО збираються дані за факторами, що впливають на енергоспоживання. Для промислового підприємства це зазвичай дані за обсягом виробленої продукції або послуг у фізичному вираженні. Згідно з методом КіП передбачається, що для кожного ЦЕО існує лінійна залежність енергоспоживання E від фактору впливу X , яку можна назвати функцією базового енергоспоживання E_0 (пунктирна лінія на рис. 1):

$$E_0(X) = a + bX, \quad (1)$$

де коефіцієнти a і b визначаються методом лінійної регресії (апроксимації).

Отже, функцію базового енергоспоживання будемо методом математичної регресії по точкам статистичного обліку. За фактичним споживанням енергоресурсу за i -й інтервал часу E_i і враховуючи фактичні значення впливового чинника X_i за той же інтервал часу, отримуємо сумкупність значень E_0 , яка являє собою не що інше, як середньостатистичне фактичне енергоспоживання при різних значеннях X . Знаючи $E_0(X)$, легко розрахувати економію або перевитрату енергії ΔE_i для будь-якого i -го інтервалу часу за формулою

$$\Delta E_i = E_0(X_i) - E_i = a + bX_i - E_i, \quad (2)$$

де X_i і E_i — відповідно значення впливового чинника і енергоспоживання за i -й інтервал часу.

При правильно виконаному визначенні коефіцієнтів a і b сума всіх відхилень реальних показників енергоспоживання за i -й інтервал часу E_i від базової функції $E_0(X)$ буде дорівнювати нулю: $\sum \Delta E_i = 0$. Оскільки базові функції будуються за точками фактичного споживання, що були реально досягнуті на практиці, точки фактичного споживання, що знаходяться нижче нормальної функції, не є точками теоретичного досягнення,

Рис. 1. Функція базового енергоспоживання

а відображають вже досягнуті реальні показники. Всі точки, розташовані вище базової функції, тобто вищі за середньостатистичні показники, прийнято вважати перевитратою, пов'язаною з неоптимальним споживанням енергоресурсів у відповідні інтервали часу.

Зазвичай даний вид перевитрат можна усунути за допомогою організаційних заходів без великих капіталовкладень. Отже, сума всіх ΔE_i з позитивним знаком характеризує потенціал можливої економії енергоресурсу при маловитратних заходах.

Функція ефективного енергоспоживання, як і функція базового енергоспоживання, є лінійною функцією. При побудові функції ефективного енергоспоживання з усього масиву точок $E_b(X_i)$ виключаємо ті, що лежать вище прямої функції базового енергоспоживання, а за рештою точок $E_b(X_i)$, які розташовані нижче функції базового енергоспоживання, будемо усереднену пряму методом лінійної регресії. Отримана пряма є функцією ефективного енергоспоживання (суцільна лінія на рис. 1):

$$E_{\text{еф}}(X) = a_{\text{еф}} + b_{\text{еф}} X. \quad (3)$$

Економія при використанні лінії ефективного енергоспоживання для виділеного періоду часу обчислюється як «ефективна» економія, але $\Delta E_{\text{еф}i}$ належить не до функції базового енергоспоживання, а до функції ефективного енергоспоживання. При цьому потенціал ефективної економії становить суму всіх $\Delta E_{\text{еф}i}$ з позитивним знаком.

Незважаючи на те що функції ефективного енергоспоживання також будуються за фактичними показниками роботи технологічної системи, для досягнення ефективних показників вже потрібні певні капіталовкладення на заходи, які не міняють сформованих режимів в цілому, але підвищують стабільність роботи обладнання (заміна зношеного обладнання, зниження сезонної залежності, налагоджувальні роботи та ін). Тому зниження енергоспоживання до рівня функції ефективного споживання пов'язано зазвичай із середньовитратними заходами.

Рис. 2. Узагальнена схема діяльності служби енергоменеджменту на підприємстві

Узагальнену схему діяльності служби енергетичного менеджменту при управлінні енергетичною ефективністю зображено на рис 2. За такою схемою підлягає управлінню енергоспоживання як усього підприємства в цілому, так і його окремі технологічні системи. При цьому енергетичне обстеження і планування заходів з енергозбереження залежать від галузі промисловості і типу технологічної системи. Енергетичні обстеження також проводяться за окремими програмами обстежень для кожної групи обладнання для визначення місць можливих прихованих втрат енергоресурсів.

Сценарно-прецедентний підхід до тренування фахівців з енергетичного менеджменту. Мета тренування фахівців з енергетичного менеджменту полягає у виробленні навички циклічно повторювати операції з контролю технологічних і енергетичних показників, планувати і впроваджувати заходи із зменшення енергетичних втрат і знов контролювати технологічні та енергетичні показники, намагаючись звести їх до ефективних.

Сценарій моделювання процесу управління енергоспоживанням являє собою послідовність дій, спрямованих на досягнення мети, а саме зменшення, або повне усунення прихованих енергетичних втрат в технологічній системі. Послідовність таких дій визначається циклом PDCA і не залежить від особливостей підприємства, або технологічної системи, хоча зміст таких дій повністю залежить від різновиду технологічної си-

стеми. Конкретизація сценарію задається сукупністю прецедентів енергоспоживання, які наповнюють його якісними і кількісними параметрами підприємства. Різні конкретизації одного й того ж сценарію визначають різні проблемні стани різних технологічних систем, що створюються різними сукупностями прецедентів.

Базовим поняттям сценарно-прецедентного підходу є стан s моделі технологічної системи (ТС). Множина станів S належить до предметної області $ES \in \{ES_1, \dots, ES_m\}$, де ES — випадки квазістаціонарного енергоспоживання певної ТС. Для кожного випадку існує певна сукупність технологічних параметрів X , поточний рівень енергоспоживання E , наявний фактор енергетичних втрат Z та базовий рівень енергоспоживання E_0 : $\text{Case} = \langle X, E, Z, E_0 \rangle$.

Стан ТС, в якому присутні фактори енергетичних втрат Z , є проблемним, у протилежному випадку робота ТС вважається енергоефективною. Для усунення таких факторів існують заходи енергозбереження $\{p_{z1}, \dots, p_{zn}\}$, кожен з яких усуває один з факторів Z і визначається ціною впровадження Π та енергетичною ефективністю ΔE .

Для кожного проблемного стану існує мета — переміщення його у енергоефективний стан з мінімальними енергетичними втратами. Для досягнення цієї мети особа що тренується (ОТ) взаємодіє з комп'ютерною системою тренування (КСТ), створюючи в циклі Демінга послідовність керуючих впливів $[u_1, u_2, \dots, u_m]$ на модель ТС і перетворюючи ситуацію s_i у вихідну ситуацію s_0 . Послідовність керуючих впливів $[u_1, u_2, \dots, u_m]$, сформованих в циклах Демінга, являє собою сценарій керуючих впливів від ОТ на модель ТС.

Вважаємо, що підприємство певної галузі складається ТС $A \in \{A_1, \dots, A_k\}$. В процесі роботи кожна технологічна система A може перебувати в певному енергетичному стані, зразком якого є прецедент стану квазістаціонарного енергоспоживання $\text{Case}A$. В початковий момент часу t_1 , згідно з запланованою метою тренування, ОТ у зручній для сприйняття формі пропонується прецедент $\text{Case}A_{t1} = \langle X_{t1}, E_{t1}, Z_{t1}, E_{0A} \rangle$ проблемного стану ТС A (рис. 3). Перед ОТ постає завдання з задалегідь відомих заходів $p_{z1}, \dots, p_{zn}$ скласти план дій для підвищення енергетичної ефективності обраної ТС з урахуванням заданих фінансових обмежень β_{t1} .

В результаті впровадження цих заходів вважається, що ТС A повинна перейти в інший енергетичний стан за прецедентом $\text{Case}A_{t2} = \{X_{t2}, E_{t2}, Z_{t2}, E_{0A}\}$. Для моделювання такого переходу створюємо алгоритм трансформації прецедентів, за яким визначаємо фактори Z_{t2} , які залишились неусунутими, вираховуємо новий рівень поточного споживання енергії $E_{t2} = E_{t1} - \Sigma \Delta E$ і нові фінансові обмеження $\beta_{t2} = \beta_{t1} - \Sigma \Pi + \Sigma \Delta ER$, де R — тарифна вартість енергоносія, $\Sigma \Delta E$ і $\Sigma \Pi$ — відповідно сумарні ефективність і вартість впроваджених заходів енергозбереження.

Рис 3. Траєкторія змін стану ТС

Критерієм правильності вирішення задачі з керування енергетичною ефективністю в ситуації $\text{Case}A_{t1}$ є зменшення фінансових обмежень та енергетичних втрат в ситуації $\text{Case}A_{t2}$. Надалі цей цикл повторюється для моделі ТС A доти, поки не будуть усунуті усі фактори появи енергетичних втрат. Після цього можна виконати перехід до наступної ТС.

Таким чином, прецеденти квазістаціонарного енергоспоживання ТС обраної предметної області, конкретизовані в циклі PDCA, є базовими елементами при придбанні практичних навичок ОТ, що є розвитком ідеї використання сценарно-прецедентного підходу до побудови інтелектуальних тренувальних систем.

Розглянемо процес тренування на прикладі підприємства харчової галузі. Метою тренування є підвищення компетенції в управлінні енергетичною ефективністю системи водопостачання. Головним споживачем енергії в цій системі є pompa з наступними характеристиками:

Швидкість обертання двигуна помпи, N , об/хв	960
Потужність електродвигуна P , кВт	5,34
Напір помпи H , м	15,78
Продуктивність Q , м ³ /г	59,6
Добове базове енергоспоживання E_6 , кВт·г	16,02

На початку тренування, згідно з алгоритмом циклу PDCA, для ОТ створюється проблемна ситуація, яка описується наступним прецедентом:

$\text{Case}A_{t1}$	H	E_{t1}	E_6
$\beta_{t1} = 5000$ грн	15,78 м	18,4 кВт·г	16,02 кВт·г

Тут E_{t1} — поточні енерговитрати системи водопостачання. З прецедента видно, що енергетичні втрати складають

$$\Delta E = E_{t1} - E_6 = 2,2 \text{ кВт·г.}$$

Для усунення проблемної ситуації і зменшення енергетичних витрат ОТ може вибрати із заздалегідь підготовленого переліку заходів, в межах інвестиційного обмеження, відповідні енергозберігаючі заходи. Наприклад, ОТ може обрати захід «Усунути витоки через ущільнення», ефективність якого 7%, а вартість впровадження 1500 грн. За цим заходом, згідно з алгоритмом трансформації прецедентів, перераховуються показники енергетичного стану:

$$E_{t2} = E_{t1} - E_6 0,07 = 17,28 \text{ кВт} \cdot \text{г.},$$

$$\Delta E_{t2} = E_{t2} - E_6 = 1,26 \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

Тепер перед ОТ постала нова проблемна ситуація, яка описується новим прецедентом квазістаціонарного енергоспоживання і на яку накладаються нові фінансові обмеження ($5000 - 1500 = 3500$ грн):

Case A_{t2} $\beta_{t2} = 3500$ грн	H	E_{t2}	E_6
	15,78м	17,28 кВт · г	16,02 кВт · г

У цьому прецеденті зменшилось поточне енергоспоживання, але воно залишилось більше за базове. Тепер для зменшення енергетичних витрат ОТ обирає захід «Замінити асбесто-графітне ущільнення помпи на тефлонове» з ефективністю 8% і ціною впровадження 3000 грн. Після цього перераховані показники прецеденту нового енергетичного стану мають наступний вигляд:

$$E_{t3} = E_{t2} - E_6 0,08 = 16,00 \text{ кВт} \cdot \text{г.},$$

$$\Delta E_{t2} = E_{t2} - E_6 = -0,02 \text{ кВт} \cdot \text{г.}$$

Case A_{t3}	H	E_{t3}	E_6
	15,78м	16,00 кВт · г	16,02 кВт · г

Як бачимо, завдяки цьому заходу вдалося досягнути добової економії 0,02 кВт · г. За тарифом 1,68 грн за 1кВт·г. отримаємо за місяць $0,02 \cdot 30 \times 1,68 = 1,008$ грн.

Таким чином, мета тренування досягнута і можна переходити до тренування з наступною ТС.

Висновки

Запропонований підхід дозволяє розглядати задачу тренування енергоменеджерів як задачу безперервного покращення ефективності енергоспоживання підприємства. Відповідно цикл PDCA формує послідовність дій з по-

кращення енергетичного стану ТС і усього підприємства, а сукупність прецедентів енергоспоживання наповнює його конкретним змістом.

Наявність прецедентів енергоспоживання різних груп технологічного обладнання і підприємства в цілому, об'єктивна система оцінювання успіхів ОТ, адаптивність контенту систем тренування до галузі підприємства і особливостей ТС, циклічність сценарію тренування обґрунтовує використання у системі тренування енергоменеджерів сценарно-прецедентного підходу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Касьянова Н.В. Впровадження стратегії енергозбереження на промислових підприємствах // Електронний журнал «Ефективна економіка» <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916>
2. International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management. Режим доступу : <https://www.iso.org/standard/69426.html>
3. Алешева Л.Н. Интеллектуальные обучающие системы // Вестник университета, 2018, № 1, с. 149—155. Режим доступу : <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-1-149-155>
4. Захаров Н.Д., Бурдо О.Г., Хобин В.А., Мазур А.В. Управление энергетической эффективностью города // Интегрированные технологии и энергосбережение, 2004, № 2, с. 13—17.
5. Абрамович Р.П., Самойлов В.Д. Технологія конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу в енергетиці. Київ: «Прометей», 2021, 111 с
6. Energy Manager - Pro Solution. https://nadascientific.com/engineering_education/energy-manager-pro-solution.html
7. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентная модель тренажерно-обучающей интеллектуальной системы // Искусственный интеллект, 2013, № 4, с. 488—500.
8. Плєскач Б.М., Давіденко А.М., Прокопенко А.В., та ін. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово -комунального господарства України. Луганськ.: «Лунне сяйво», 2012, 700 с.
9. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту // Вісник КНУТД, 2013, № 6, с. 67—77.
10. Сидоренко В.В. Цикл Шухарта-Демінга (PDCA) для організації безперервного професійного розвитку фахівців. VI Міжнародна науково-практична конференція «Неперервна освіта нового сторіччя: досягнення та перспективи». 12—18 травня 2020 року. Запоріжжя (Україна). Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/720165>

Отримано 21.04.21

REFERENS

1. Kasyanova, N.V. (2017), "Implementation of energy conservation strategy at industrial enterprises", *Elektronnyy zhurnal «Efektivna ekonomika»*, Vol. 2, URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5916>.
2. International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management, URL: <https://www.iso.org/standard/69426.html>.

3. Alesheva, L.N. (2018), "Intelligent training systems", *Vestnik universiteta*, Vol. 1, pp. 149-155, URL: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-1-149-155>.
4. Zakharov, N.D., Burdo, O.G., Khobin, V.A. and Mazur, A.V. (2004), "City energy efficiency management", *Integrirovannyye tekhnologii i energosberezheniye*, Vol. 2, pp. 13-17.
5. Abramovich, R.P. and Samoilov, V.D. (2021), *Tekhnolohiya konstruyuvannya kompyuternykh system pidhotovky personalu v enerhetytsi* [Technology of designing computer-training systems for personnel in power engineering], Prometey, Kyiv, Ukraine.
6. Energy Manager - Pro Solution, NADA scientific, URL: https://nadascientific.com/engineering_education/energy-manager-pro-solution.html.
7. Sherstyuk, V.G., (2013) "Scenario-precedent model of the training and educational intellectual system", *Iskusstvennyy intellekt*, Vol. 4, pp. 488-500.
8. Pleskach, B.M., Davidenko, A.M., Prokopenko, A.V., et al. (2012), *Praktychnyy posibnyk z enerhoberezhennya dlya obyektiv promyslovosti, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrayiny* [A practical guide to energy saving for industrial, construction and utilities of Ukraine], Lunne syaivo, Lugansk, Ukraine.
9. Nakhodov, V.F., Borichenko, O.V. and Ivanko, D.O. (2013), "Monitoring the efficiency of energy management in energy management systems", *Visnik KNUVD*, Vol. 6, pp. 67-77.
10. Sidorenko, V.V. (2020), "Schuhart-Deming cycle (PDCA) for the organization of continuous professional development of specialists", VI Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Neperervna osvita novoho storichchya: dosyahnennya ta perspektyvy» [VI International Scientific and Practical Conference "Continuity of the New Situation: Reaching and Prospects"], Zaporizhzhia, March 12-18, 2020, URL: <https://lib.iitta.gov.ua/720165>.

Received 21.04.2021

B.M. Pleskach, V.D. Samoilov

COMPUTER SCENARIO-PRECEDENT TECHNOLOGY TREINING OF ENERGY MANAGERS

The article considers the topical issue of developing simulators for advanced training of specialists in energy efficiency management of industrial enterprises and utilities. The aim of the study is to develop the theoretical foundations of the use of computerized systems for training energy managers. The object of the study is the practical activities of the personnel of the enterprise, aimed at improving the energy efficiency of production systems for various purposes. The research method based on scenario modeling of energy manager actions and precedent modeling of equipment reactions to such actions. The modeling of energy manager actions based on the Deming cycle, and the modeling of reactions of production systems based on cases of quasi-stationary energy consumption of the technological system. The software platform of the proposed technology consists of a base of precedents for quasi-stationary energy consumption and software modules that reproduce the PDCA control cycle (Plan-Do-Check-Act). The technology allows to work out the actions of the energy manager aimed at planning energy saving measures and calculating the financial and economic results achieved during their implementation.

Keywords: energy management, computer simulator, scenario-precedent technology.

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

САМОЙЛОВ Віктор Дмитрович, д-р техн. наук, професор, гол. наук. співроб. Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. В 1960 р. закінчив Українську академію сільськогосподарських наук. Область наукових досліджень — комп'ютерні технології моделювання, тренажери, професійна діагностика в енергетиці.