

Б.Н. Плескач, канд. техн. наук, ORCID 0000-0001-9842-647X

В.Д. Самойлов, д-р техн. наук

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є Пухова НАН України

В.В. Прокопенко, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-5518-5802

О.О. Закладний, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0003-2813-3692

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРЕЦЕДЕНТНО-АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ТРЕНАЖЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕНЕРГОМЕНЕДЖЕРІВ

Розглянуто актуальне питання розвитку теоретичних засад створення та застосування комп'ютеризованих систем для тренування енергоменеджерів промислових підприємств. Об'єктом дослідження є практична діяльність персоналу підприємства, спрямована на підвищення енергетичної ефективності виробничих систем різного призначення. Предмет досліджень – комп'ютерні технології навчання та тренування персоналу промислового підприємства. Мета дослідження – створення інструментарію, спрямованого на підготовку персоналу служб енергетичного менеджменту. 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 програмних модулів, які відтворюють цикл управління PDCA (Plan-Do-Check-Act) та предметної області тренування у вигляді програмної надбудови. Технологія дозволяє відпрацьовувати дії енергоменеджера, спрямовані на планування енергозберігаючих заходів та обчислення фінансово економічних результатів, досягнутих при їх впровадженні.

Ключові слова: енергетичний менеджмент, комп'ютерний тренажер, сценарно-прецедентна технологія.

Вступ

Надійна та ефективна робота будь-якої технологічної системи залежить від підготовки та підтримання на належному рівні кваліфікації персоналу. Не в останню чергу це торкається служб енергетичного менеджменту, які є головною рушійною силою підвищення енергетичної ефективності на підприємстві.

У 2018 р. було опубліковано поновлений стандарт ISO 50001:2018 [1], 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 у вищих 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 комп'ютерних тренажерних систем. Так, в роботі [2] 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.

Відомий симулятор «Energy Manager» [3], 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.

В роботі [4] 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.

Відома також модель сценарно-прецедентної інтелектуальної тренажерно-навчальної системи, призначеної для тренування у предметних областях [5], 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 вмій по управлінню енергоспоживанням комплексів технологічного обладнання промислових об'єктів.

Мета комплексного тренування фахівців з енергетичного менеджменту полягає у виробленні навички циклічно повторювати операції з контролю технологічних і енергетичних показників певних технологічних систем, планувати і впроваджувати заходи із зменшення енергетичних втрат і знов контролювати технологічні та енергетичні показники, намагаючись звести енергетичні втрати до мінімальних. Сценарій моделювання процесу управління енергоспоживанням являє собою послідовність дій, спрямованих на досягнення мети – зменшення, або повне усунення прихованих енергетичних втрат в обраних технологічних системах.

Мета та завдання. Метою цієї статті є обґрунтування прецедентного підходу до побудови комп'ютерних тренажерів енергоменеджера та формування прецедентно-аналітичної моделі процесу тренування.

Основний матеріал.

Головним завданням служби управління енергоспоживанням є зниження витрат на енергоресурси при забезпеченні необхідної їх кількості та якості. Головним інструментом енергоменеджера є постійне спостереження та аналіз енергетичної ефективності технологічного процесу, наприклад за методикою «контролю і планування» (КіП) [6] та періодичних енергетичних обстежень обладнання. Результатом таких дій є створення і впровадження планів з підвищення рівня енергоефективності.

Характерною особливістю кожного промислового підприємства є зосередження уваги його керівництва на питаннях виробництва і бажання збільшити його обсяги. Внаслідок цього не завжди приділяється увага такому важливому для функціонування підприємства питанню, як ефективне використання енергоносіїв та їх вартість.

На більшості промислових підприємств України, витрати на енергоресурси у минулому через низьку їх ціну складали незначну частку в собівартості продукції, тому енергозбереження було далеко не найважливішим питанням життєдіяльності підприємства.

За останні декілька років, через зростання вартості енергоресурсів, витрати на енергоносії стали дуже помітною статтею витрат. Витрати на енергоресурси на типовому машинобудівному підприємстві [7] складають близько 25% від вартості продукції, що випускалася.

Сьогодні на українських підприємствах, не дивлячись на правильне розуміння персоналом проблем заощадження енергоресурсів і витрат на них, існує бажання реалізувати крупні проекти для отримання значної економії витрат на енергоресурси. В той же час на підприємствах є велика кількість ефективних малих проектів з енергозбереження з дуже нетривалими термінами окупності.

Загальною помилкою є їх ігнорування, оскільки економія на одиницю продукції може виявитися незначною. Так, установлення конденсатовідвідників може виглядати менш привабливим заходом, ніж такий великий проект, як модернізація роботи котельного устаткування або створення системи обліку витрати енергоносіїв. Але подібного роду малі проекти дуже важливі і, якщо прийняти до уваги загальну кількість встановлюваних конденсатовідвідників, то сумарна економія витрат за цим проектом виявляється значною.

На більшості промислових підприємств України є відділи головного енергетика, в яких працюють фахівці з різних напрямів енергетики. Посадовими обов'язками вказаних фахівців передбачено забезпечення безперебійного постачання виробництва підприємства всіма видами енергоресурсів необхідної кількості і якості, забезпечення економного їх витрачання. Проте, у зв'язку зі скороченням виробничих витрат, найчастіше в першу чергу підлягають скороченню фахівці допоміжних служб, у тому числі і енергослужби. В результаті фахівці, що залишилися, найчастіше займаються не питаннями підвищення ефективності використання енергії на підприємстві, а відповідають за те, щоб підприємство не відчувало нестачі в енергозабезпеченні. В умовах зростання цін на енергоносії і невизначеності в забезпеченні всіма видами палива на перший план виходить діяльність енергоменеджера. Підприємствам

слід дуже серйозно розглянути питання про необхідність введення посади енергоменеджера, а у разі економічної доцільності – організації групи енергоменеджменту.

Працівники такої служби повинні здійснювати регулярний контроль за енерговикористанням всіма технологічними операціями і за динамікою щомісячних обсягів енергоспоживання. Такі відомості про щомісячне енергоспоживання слід потім подавати в графічному вигляді для порівняння з енергоспоживанням в попередні місяці або роки з метою виявлення змін в об'ємах енергоспоживання, визначення причин змін і прийняття рішення про необхідні заходи зі стабілізації енергоспоживання, запобігання нераціональному споживанню енергії. Наприклад, якщо енергоспоживання за місяць зростає без посилення виробничої активності, слід розібратися в причинах цього і вжити заходів для усунення цієї проблеми.

Крім того, персоналу групи енергоменеджменту слід також регулярно перевіряти всі технологічні процеси на предмет дослідження можливостей енергозбереження, сертифікації технічних процесів і устаткування за енергоефективністю. Фахівці цієї групи повинні стежити за тим, щоб упроваджувалися в практику пропозиції з поліпшення енерговикористання на підприємстві, починаючи з реалізації рекомендацій, перерахованих в звіті з енергоаудиту. Крім того, працівники групи енергоменеджменту повинні проводити експертизу всіх запропонованих підприємству змін на енергоефективність. Бажано, щоб до складу групи входив фахівець з теплотехніки (працівник, що розбирається в парових, холодильних системах, а також системах газопостачання і гарячого водозабезпечення) та фахівець з електротехніки.

На багатьох підприємствах групі енергоменеджменту ставлять такі завдання, як наприклад, «зниження сумарного енергоспоживання за рік на 5%». Безумовно, планований процентний рівень може змінюватися, але такий підхід може використовуватися як показник оцінки роботи самої групи. На промислових підприємствах України, де є значні резерви енергозбереження, названий процентний рівень економії витрат на енергоресурси міг би бути ще вищим. На підприємствах слід упроваджувати системи матеріального стимулювання працівників за ефективне використання енергоресурсів.

Зміст діяльності енергоменеджера здебільшого залежить від розмірів і особливостей енергетичного господарства підприємства, але в будь-якому випадку форма повинна відповідати циклу Демінга [8]. 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 інше. Методики розрахунку таких обмежень наведено в роботі [9].

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 системи. 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 : $CaseE = (X, E, Z, E_0)$.

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 $\{pz, pz_1, \dots, pz_n\}$, кожен з яких усуває один з факторів Z і визначається ціною впровадження C 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 в умовах економічних обмежень β і перетворюючи ситуацію s_i у вихідну ситуацію s_0 . Послідовність керуючих впливів $[u_1, u_2, \dots, u_m]$, сформованих в циклі Демінга, являє собою сценарій керуючих впливів від ОТ на модель ТС.

Вважаємо, що підприємство певної галузі складається з k технологічних систем $A \in \{A_1, \dots, A_k\}$. В процесі роботи кожна технологічна система A може перебувати в певному енергетичному стані, зразком якого є прецедент енергоспоживання у квазістаціонарному режимі $CaseA$. В початковий момент часу t_1 , згідно з запланованою метою тренування, ОТ у зручній для сприйняття формі пропонується прецедент $CaseA_{t_1} = (X_{t_1}, E_{t_1}, Z_{t_1}, E_{0A})$ проблемного стану технологічної системи A . Перед ОТ постає

завдання з задалегідь відомих заходів $\rho_{z1}, \dots, \rho_{zn}$ скласти план дій для підвищення енергетичної ефективності обраної ТС з урахуванням заданих економічних і технічних обмежень.

В результаті впровадження цих заходів вважається, що технологічна система А повинна перейти в інший енергетичний стан, який характеризується прецедентом $CaseA_{i2} = \{X_{i2}, E_{i2}, Z_{i2}, E_{\delta A}\}$. Для моделювання такого переходу створено алгоритм трансформації прецедентів, за яким визначаємо фактори Z_{i2} , які залишилися неусуненими, вираховуємо новий рівень поточного споживання енергії $E_{i2} = E_{i1} - \Sigma \Delta E$ і нові фінансові обмеження $\beta_{i2} = \beta_{i1} - (\Sigma \Pi + \Sigma \Delta ER)$, де R — тарифна вартість енергоносія, $\Sigma \Delta E$ і $\Sigma \Pi$ — відповідно сумарні ефективність і вартість впроваджених заходів енергозбереження.

Критерієм правильності вирішення задачі з керування енергетичною ефективністю в ситуації $CaseA_{i1}$ є зменшення фінансових обмежень та енергетичних втрат в ситуації $CaseA_{i2}$. Надалі цей цикл повторюється для усіх моделей технологічних систем А доти, поки не будуть усунуті усі фактори появи енергетичних втрат.

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.

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.

На рис. 1 представлена структурна схема прецедентного методу конструювання моделі комплексного тренажеру:

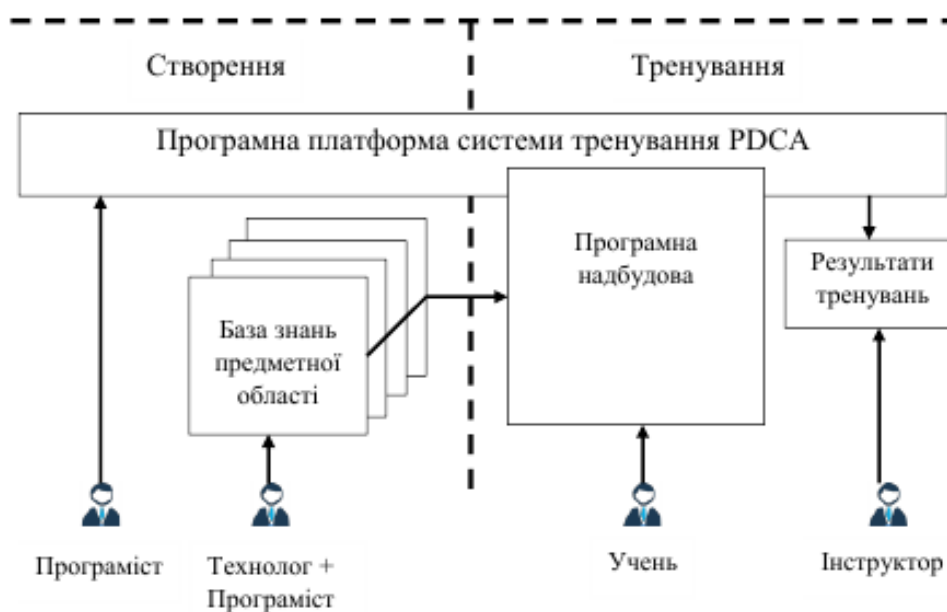


Рис. 1. Структурна схема прецедентного методу конструювання

В основі прецедентно-сценарного методу конструювання тренажерної системи лежить програмна платформа системи тренування за сценарієм PDCA. Ця платформа забезпечує виконання циклічного алгоритму міркувань на основі прецедентів квазістаціонарного енергоспоживання обраних технологічних систем. Конкретне наповнення тренажерної системи виконується за рахунок бази знань предметних областей обраних технологічних систем, які утворюють програмну надбудову над системою тренування. До складу кожної з предметних областей бази знань, які створюються за участі технолога, входять наступні елементи:

- база прецедентів еталонного енергоспоживання $CaseE = \langle X, E_{\delta} \rangle$ технологічної системи;
- база прецедентів проблемного енергоспоживання $CaseE = \langle X, E, Z, E_{\delta} \rangle$;
- структура технологічної системи і точки контролю технологічних параметрів $X = [X_1, \dots, X_n]$;
- бібліотека факторів появи енергетичних втрат $Z = [Z_1, \dots, Z_m]$;
- бібліотека заходів з підвищення енергетичної ефективності $\rho_{z1}, \dots, \rho_{zn}$;

Конструювання комп'ютерного тренажеру починається з визначення узагальнених структурних схем обраних технологічних систем і контрольних точок заміру впливових технологічних параметрів. Після цього, з використанням існуючої системи моніторингу енергоспоживання, створюється база прецедентів еталонного енергоспоживання технологічної системи в квазістаціонарних режимах роботи. За участі експерта-технолога створюється бібліотека факторів появи енергетичних втрат із зазначенням усереднених енергетичних втрат, а також бібліотека заходів з усунення енергетичних втрат із зазначенням їх ефективності і вартості впровадження. Таким чином, за участі експертів-технологів, формуються бази знань по усім технологічним системам виробництва з яких утворюється програмна надбудова тренажерної системи енергоменеджерів.

Програмна платформа системи тренування PDCA складається з трьох основних модулів (Рис. 2):

- модуля створення проблемних ситуацій;
- модуля трансформації прецедентів;
- модуля оцінювання.

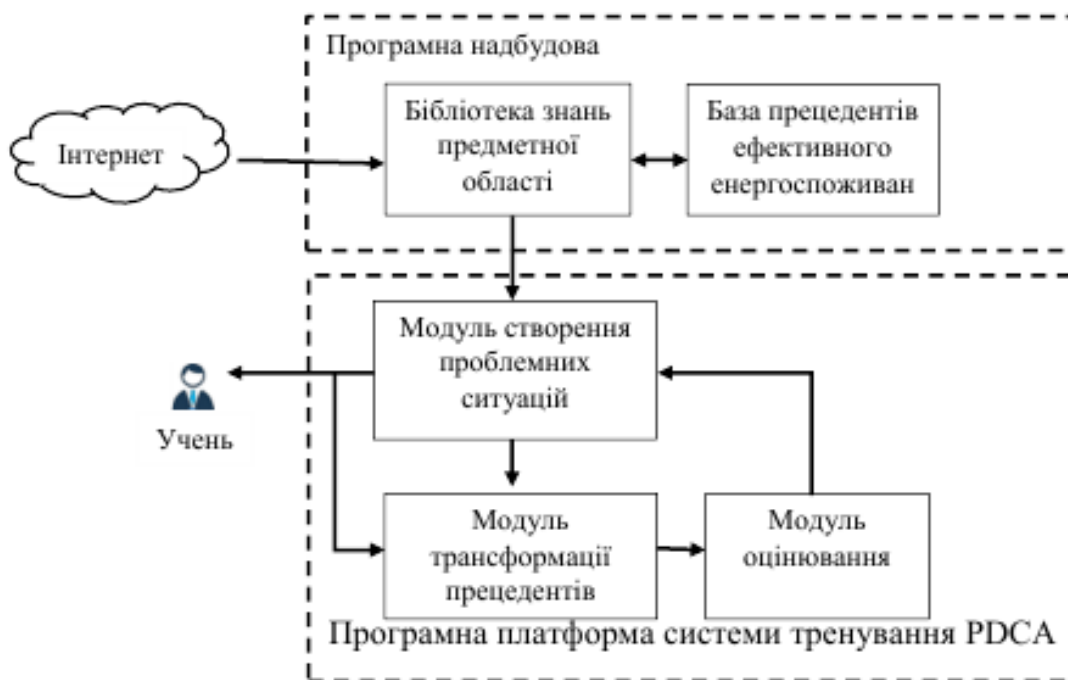


Рис 2. Структурна схема програмного забезпечення комп'ютерного тренажеру енергоменеджера.

Модуль створення проблемних ситуацій призначений для створення візуального образу проблемного енергетичного стану технологічної системи і обрання заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності. В залежності від плану і завдання тренування для створення проблемної ситуації використовуються різні прецеденти проблемного енергоспоживання, які накопичені в бібліотеці знань предметної області.

Модуль трансформації прецедентів призначений для перерахунку параметрів поточної проблемної ситуації з урахуванням обраних учнем заходів енергозбереження і економічних обмежень. Отримані після перерахунку параметри порівнюються з еталонними параметрами ефективного енергоспоживання і по результатам порівняння оцінюються дії учня.

Модуль оцінювання призначений для оцінки поточних і планування наступних кроків тренування в залежності від їх успішності. До сценарію тренування можуть бути послідовно включені кілька технологічних систем, що наближає сценарій тренування до реальних дій енергоменеджера в умовах виробництва.

Формування моделі тренувального процесу починається з обрання даних для предметної області. В першу чергу це вибір галузі, до якої відноситься підприємство.

- металургія;
- машинобудування;
- харчова промисловість;

- легка промисловість;
- промисловість будівельних матеріалів;
- інша.

Наступним кроком обираються технологічні системи, на яких буде протікати тренування. Це можуть бути

- система електропостачання;
- система повітропостачання;
- система водопостачання;
- система теплопостачання;
- система опалення;
- інша.

Кожна технологічна система представляється мнемосхемою, зручною для тренувань і точками контролю технологічних параметрів.

Крім того, для кожної технологічної системи збирається бібліотека заходів з енергозбереження, до складу якої входять енергетична ефективність і вартість впровадження кожного заходу. Приклад елементів бібліотеки заходів з енергозбереження для технологічної системи водопостачання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Перелік заходів з енергозбереження

№	Захід	Очікувана ефективність	Вартість впровадження
...
n	Усунути витоки через ущільнення	7%	1500 грн
n+1	Замінити асбесто-графітне ущільнення помпи на тефлонове	8%	5000 грн
...

Узагальнена схема формування траєкторій тренування на основі прецедентно-аналітичного підходу представлена на рис. 3.

На початку тренування учень обирає галузь і технологічні системи, з якими він зустрічатиметься на практиці. Після цього КСТ, згідно з програмою тренування, створює ситуацію з підвищеним енергоспоживанням для першої технологічної системи. На екран монітора виводиться мнемосхема з технологічними параметрами та значеннями поточного та базового енергоспоживання. Перед учнем постає задача із запропонованого переліку енергозберігаючих заходів обрати підходящий для зменшення енергетичних втрат з урахуванням обмежень. КСТ у відповідності до алгоритму трансформації прецедентів перераховує нові значення технологічних параметрів і оцінює дії учня. Після цього, в залежності від результатів оцінювання, виконується перехід або до наступної технологічної системи, або повернення до попередньої.

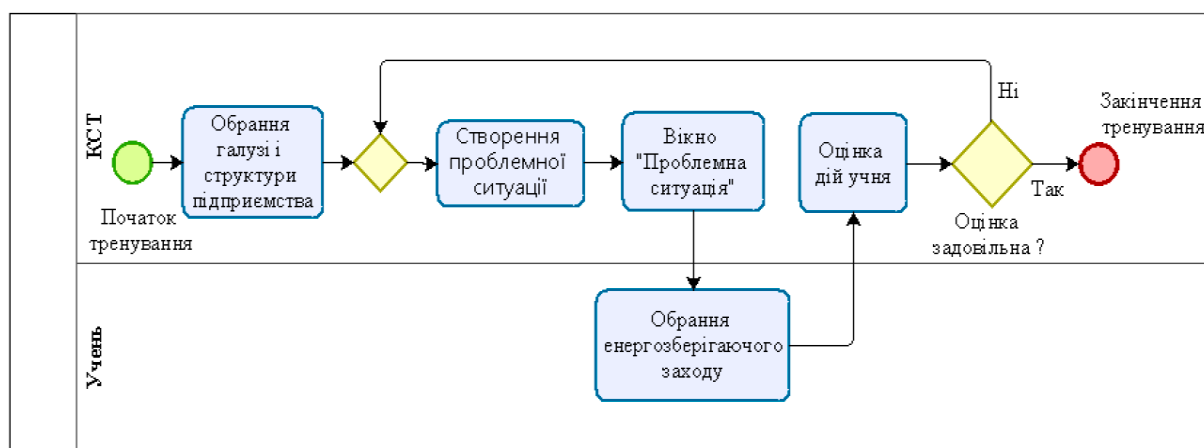


Рис. 3. Узагальнена схема тренування енергоменеджера.

Висновки.

1. Актуальним є питання створення комп'ютерних тренажерів, призначених для закріплення навиків та вмінь по управлінню енергоспоживанням технологічного обладнання промислових об'єктів.
2. Формування прецедентно-аналітичної моделі процесу тренування дозволяють створити інтелектуальний комп'ютерний тренажер енергоменеджера, здатний адаптуватись до різних технологічних систем і змінних умов виробництва.

Список використаної літератури

1. International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management. Режим доступу : <https://www.iso.org/standard/69426.html>
2. Захаров Н.Д., Бурдо О.Г., Хобин В.А., Мазур А.В. Управление энергетической эффективностью города. Интегрированные технологии и энергосбережение, 2, '2004, с. 13-17
3. Energy Manager - Pro Solution, https://nadascientific.com/engineering_education/energy-manager-pro-solution.html
4. Абрамович Р.П., Самойлов В.Д. Технологія конструювання комп'ютерних систем підготовки персоналу в енергетиці. Київ, «Прометей», 2021 р., 111 с
5. Шерстюк В.Г. Сценарно-прецедентная модель тренажерно-обучающей интеллектуальной системы. «Искусственный интеллект», 2013, № 4, с. 488 – 500.
6. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Іванько Д.О. Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту. «Вісник КНУТД», 2013, №6, с. 67-77.
7. Прокопенко В.В. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / В.В.Прокопенко, О.О.Закладний, П.В.Кульбачний. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 400 с.
8. Сидоренко В.В. Цикл Шухарта-Демінга (PDCA) для організації безперервного професійного розвитку фахівців.: VI-а Міжнародна науково-практична конференція «Неперервна освіта нового сторіччя: досягнення та перспективи» (12-18 травня 2020 року у м. Запоріжжі (Україна)
9. Плєскач Б.М., Давіденко А.М., Прокопенко В.В., та ін. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово -комунального господарства України. Луганськ.,- «Лунне саяво», 2012, 700 с.

B. Pleskach, Cand.Sc. (Eng.), ORCID 0000-0001-9842-647X
V.Samoilov, Dr. Eng. Sc

G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering
National Academy of Sciences of Ukraine

V. Prokopenko Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-5518-5802

O. Zakladnyi, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0003-2813-3692
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

PRECEDENT-ANALYTICAL MODEL OF EXERCISE SYSTEM FOR ENERGY MANAGERS

The topical issue of development of theoretical bases of creation and application of computerized systems for training of energy managers of industrial enterprises is considered. The object of the study is the practical activities of the company's staff, aimed at improving the energy efficiency of production systems for various purposes. The subject of research is computer technologies of training and coaching of industrial enterprise personnel. The purpose of the study is to create tools aimed at training the staff of energy management services. The research is based on scenario modeling of energy manager actions and precedent modeling of equipment reactions to such actions. The modeling of energy manager actions is based on the Deming cycle, and the modeling of reactions of production systems is based on cases of quasi-stationary energy consumption of the technological system. The software platform of the proposed technology consists of software modules that reproduce the control cycle PDCA (Plan-Do-Check-Act) and the subject area of training in the form of a software add-on. 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.

1. *International Organization for Standardization, ISO 50001. Energy Management. Access mode: <https://www.iso.org/standard/69426.html>*
2. *Zakharov ND, Burdo OG, Hobin VA, Mazur AV City energy efficiency management. Integrated Technologies and Energy Saving, 2, '2004, p. 13-17*
3. *Energy Manager - Pro Solution, https://nadascientific.com/engineering_education/energy-manager-pro-solution.html*
4. *Abramovich RP, Samoilov VD Technology of designing computer systems for personnel training in energy. Kyiv, Prometheus, 2021, 111 p*
5. *Sherstyuk VG Scenario-precedent model of a training and training intellectual system. Artificial Intelligence, 2013, № 4, p. 488 - 500.*
6. *Nakhodov VF, Borychenko OV, Ivanko DO Control of energy efficiency in the energy management system. "Bulletin of KNUTD", 2013, №6, p. 67-77.*
7. *Prokopenko VV Energy audit: Textbook / VV Prokopenko, OO Zakladny, PV Kulbachny. - Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky, Polytechnic Publishing House, 2018. - 400 p.*
8. *Sidorenko VV Schuhart-Deming Cycle (PDCA) for the organization of continuous professional development of specialists .: VI International Scientific and Practical Conference "Continuing Education of the New Century: Achievements and Prospects" (May 12-18, 2020 in Zaporozhye (Ukraine))*
9. *Pleskach BM, Davidenko AM, Prokopenko VV, and others. A practical guide to energy saving for industrial, construction and housing and communal services of Ukraine. Luhansk., - "Moonlight", 2012, 700 p.*

Надійшла 17.08.2021
Received 17.08.2021