

О. М. Головченко¹
О. М. Нанака¹

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАННІ ЕНЕРГЕТИКІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Розглянуті активні методи навчання — ігрове проектування теплоенергетичних установок та ділові ігри у вивченні експлуатації цих установок. Наведені апаратне і алгоритмічне забезпечення комп'ютерного супроводження активних методів навчання.

Ключові слова: інноваційні технології, теплоенергетичні установки, комп'ютерний тренажер, аварійні ситуації.

Вступ

Інновація — це процес впровадження новітніх перетворень в різні сфери діяльності. Застосування інноваційних технологій у навчанні сприяє підготовці спеціалістів до розв'язання багатьох професійних задач в подальшій інженерній діяльності [1].

Однією із новітніх технологій навчання є дистанційне навчання, тобто навчання, яке забезпечує доставку інформації в інтерактивному режимі за допомогою використання інформаційно-комунікаційних технологій від тих, хто навчає (викладачів), до тих, хто навчається (студентів). Методичною основою дистанційного навчання є загальні принципи традиційної освіти, доповнені положеннями з досвіду створення автоматизованих навчальних комплексів. Впровадження дистанційного навчання вимагає наявності відповідної програмної бази. Однак елементи дистанційного навчання можуть бути створені і застосовані незалежно від базової платформи та бути об'єднані у формі електронного підручника, а потім в навчальний сайт.

В структуру електронного підручника можуть входити такі елементи, як електронні лекції, практичні завдання, тести, демонстраційні фільми, інтерактивні навчальні програми та ігри. Існує декілька форматів розробки інформаційних матеріалів в комп'ютерних технологіях навчання. Одна з них розглянута нижче.

Метою розробленої інноваційної технології є підготовка професіонала-теплоенергетика, здатного кваліфіковано розв'язувати задачі проектування та експлуатації теплоенергетичних установок (ТЕУ).

Основний текст

Для навчального проектування розроблена методика ігрового проекту «Джерело». Задача проекту полягає у виборі джерела енергопостачання промислового регіону на основі розгляду варіантів з енергоустановками різних типів. Гра виконується студентами з двох-чотирьох груп, які імітують відповідні відділи проектною організації. Студенти виконують ролі головного конструктора, керівників відділів, керівників груп, інженерів груп. Кількість груп у відділі визначається методичними вказівками і програмами до розрахунків агрегатів ТЕУ. В методичних вказівках наведений опис агрегату, розглянуті питання його проектування та виготовлення, поданий формуляр ручного розрахунку агрегату з числовим прикладом і інструкція до програми розрахунку. Проектування виконується у п'ять етапів. Задачею першого етапу є системний аналіз можливих типів енергоустановок. Задача вибору типу ТЕУ сформульована як задача визначення потужностей ТЕУ різних типів за заданою загальною потужністю системи енергопостачання. Критерієм якості варіанта системи енергопостачання є числове значення комплексного критерію, складовими якого є частинні критерії оцінок екологічних, медичних, економічних, політичних та соціологічних показників. Математична модель системи енергопостачання будується за відомою методикою системного аналізу. Вибір типу ТЕУ визначається за максимальним значенням комплексного критерію варіантними розрахунками системи на математичній моделі.

Система енергопостачання може складатися з теплових електростанцій (ТЕС), з атомних електростанцій (АЕС), з гідроелектростанцій (ГЕС), з парогазових установок (ПГУ), з сонячних елект-

ростанцій типу Кримської (СЕС), геотермальних електростанцій (ГЕОТЕС), вітрових електростанцій (ВЕС). Як показує досвід розрахунків, найкращими є варіанти з ТЕС і АЕС. Розробка АЕС починається з системного аналізу замкненого і незамкненого варіантів паливного циклів. Результати показують невелику перевагу незамкненого паливного циклу. Задачами другого етапу є складання головним конструктором і керівником відділу схеми джерела енергопостачання і визначення її основних характеристик, видача завдань керівникам груп. Задачі третього етапу: складання керівником групи схеми агрегату ТЕУ і розрахунок її початкового варіанта, видача завдань інженерам групи на оптимізацію параметрів агрегату. Задачі четвертого етапу: оптимізація параметрів агрегату інженером; вибір керівником групи остаточного варіанта агрегату. Задачею п'ятого етапу є виконання керівником відділу техніко-економічного обґрунтування джерела енергопостачання. Четвертий етап виконується у формі методично подібних ділових ігор, розроблених у відповідності до таких вимог:

- 1) гра повинна підготувати студента до виконання розділу курсового і дипломного проєктів;
- 2) інформаційне забезпечення гри має відповідати інформаційному забезпеченню, яке застосовується в реальному проектуванні на енергомашинобудівних підприємствах;
- 3) правила гри мають бути простими;
- 4) гра повинна давати можливість порівняння результатів учасників і визначати переможця;
- 5) кількість можливих ігрових комбінацій має бути великою.

Значна частина випускників-теплоенергетиків працює експлуатаційниками теплоенергетичного устаткування.

Теплоенергетичне устаткування працює з великими тисками, температурами, навантаженнями, є вибухо- та пожежонебезпечним. Навчати та виховувати студентів на сучасних натурних теплоенергетичних установках в умовах навчального закладу є практично неможливим. Тому для цієї мети створені комп'ютерні тренажери, які імітують блок 300 МВт ТЕС з промислово-опалювальною котельнею в його складі та системою хімоводоочищення ТЕС.

Тренажер блока складається з апаратної та програмної частин. Сутність апаратної частини така.

Управління блоком теплової електростанції (ТЕС) виконується бригадою операторів з блочного щита управління (БЩУ) та з місцевих щитів управління. БЩУ складається з панелей, на які виводяться мнемосхеми блока та агрегатів із зазначенням положень органів регулювання. На БЩУ також розташовані прилади, технологічна та аварійна сигналізація. Завданням операторів є забезпечення зазначених в технологічних картах параметрів технологічних процесів. Зміна положень регулюючих електрофікованих засувок та клапанів виконується ключами з фіксуєчими кнопками. За допомогою блоків вибіркового управління (БВУ) одним ключем можна відкривати та закривати декілька десятків засувок та клапанів. Вибір необхідного органу управління виконується натисканням на відповідну комбінацію клавіш БВУ. Аналогічно БВУ влаштовані блоки вибіркового контролю (БВК), які виводять на невелику кількість приладів, що відображають показання сотень датчиків. Фрагмент зображення БЩУ на екрані комп'ютерного тренажера для операторів енергоблока показаний на рис. 1. Фрагмент відображає блок вибіркового управління групою підігрівників високого тиску (ПВТ) живильної води.

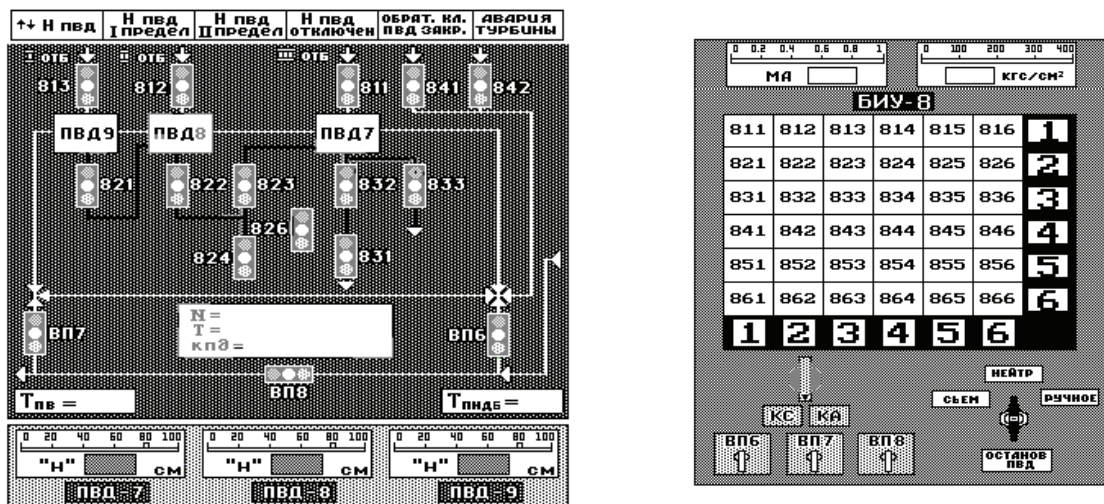


Рис. 1. Блок вибіркового управління ПВТ

У комп'ютерних тренажерах БВУ та БВК звичайно не імітуються, а регулюючі органи управління курсором за допомогою клавіш пульта ПЕОМ або «миші». Невідповідність тренажерного управління реальному знижує ефективність тренажерів, особливо при вивченні дій в аварійних ситуаціях. Для наближення управління комп'ютерним тренажером до реального управління агрегатами ТЕС розроблена панель сенсорного вводу інформації. Панель сенсорного вводу інформації дозволяє імітувати натискання на кнопки і повернення ключів управління агрегатами оператором ТЕС торканням до відповідних зображень на екрані комп'ютерного тренажера.

Застосування сенсорної панелі розглянемо на прикладі тренування з підключення ПВТ до пари. На рис. 1 на лівій половині екрана розташовані віконця аварійної сигналізації, мнемосхема ПВТ з позначенням червоними, білими та зеленими лампочками стану засувок та клапанів автоматичних регуляторів, покажчики рівнів конденсату пари, що гріє. На правій частині присутні покажчик положення вибраного регулювального органа, тиск живильної води, клавіші та віконця БВУ з підсвічуваними номерами засувок та регуляторів, ключ управління засувками та регуляторами з кнопками КС (стоп) і КА (автомат), ключ знімання захисту та відключення ПВТ, ключі засувок, які вимикаються окремо.

Для підключення ПВТ-9 до пари виконуємо такі операції:

— в декілька прийомів відкриваємо парову засувку 813. Для цього торкаємось скла сенсорної панелі в місцях зображень клавіш «1» по горизонталі та «3» по вертикалі. При цьому підсвічується номер 813. Торкаємось скла панелі ліворуч верхнього ключа, від чого ключ повернеться праворуч і засувка почне відчинятись. З появою у віконці покажчика положення засувки 25 відсотків, торканням скла панелі імітуємо натискання кнопки «КС», в результаті чого засувка зупиниться. Через деякий час повторюємо кроки закриття засувки до значення покажчика положення 100 відсотків і загорання червоної лампочки біля номера 813 на мнемосхемі;

— ставимо регулятор рівня на автоматичний режим роботи. Вибираємо клапан регулятора рівня 821 імітацією натискання на клавіші «1» та «2». Після підсвічування віконця з номером 821 імітацією натискання на клавішу «КА» переходимо з дистанційного на автоматичний режим роботи регулятора, який контролюємо за величиною рівня «Н» в ПВТ-9.

Програмна частина реалізує математичну модель ТЕС, створену за методом логіко-чисельного моделювання в комп'ютерних тренажерах динаміки процесів в енергетичних установках.

Тренажер енергоблоку містить математичні описи 1200 органів регулювання та 600 первинних приладів, які виводяться на 40 мнемосхем агрегатів. Тренажер хімводоочищення містить 20 мнемосхем з 700 органами регулювання.

Використання комп'ютерних тренажерів пропонується за такою методикою.

Розробляється комп'ютерна технологія навчання (КТН), яка дозволяє вивчати устаткування на теоретичних, практичних та лабораторних заняттях та здійснювати контроль знань. Контроль набутих знань з процесів, конструкцій, правил техніки безпеки та експлуатації відбувається тестуванням. Для теоретичних занять розроблені посібники в електронному вигляді. На практичних заняттях учні виконують розрахунки режимів роботи ТЕУ. Лабораторні заняття виконуються на комп'ютерних тренажерах за ігровою формою. Оцінкою дій студента є його місце (рейтинг), яке проставляється за терміном досягнення необхідних параметрів агрегату або автоматично за кількістю припущених помилок на тренажерах.

Засобом адаптації процесу навчання до конкретного учня може бути автоматизована система управління КТН (АСУ КТН), яка б складала програми навчання для кожного учня та забезпечувала автоматичний режим роботи комп'ютерної технології навчання, враховувала індивідуальний підхід до кожного виду занять і способу засвоєння необхідного матеріалу [2].

Організацію навчання пропонується базувати на методах системного аналізу, використанні методів множинного регресійного аналізу, накопиченні статистичних даних для подальшого уточнення математичних моделей що використовуються та залученні експертів (в якості яких виступають викладачі вузу, психологи та інструктори ТЕС).

Формалізувати вищезгаданий підхід можна таким чином. В результаті навчання викладач повинен дати остаточну оцінку учню, тобто оцінити його кінцеву «вартість» як спеціаліста.

«Вартість» спеціаліста B складається із сукупності показників психологічної «вартості» Ψ , фізичної «вартості» Φ та рейтингу P , який присвоєно учню під час навчання:

$$B = F_B(P, \Phi, \Psi), \quad (1)$$

де F_B — математична модель прогнозу «вартості» учня.

Показники психологічної та фізичної «вартості» учня можуть бути отримані за результатами тестів. За допомогою методу системного аналізу можна побудувати математичні моделі прогнозів для оцінювання особистих якостей учнів

$$\Phi = F_{\Phi}(f_1, f_2, \dots, f_{n\Phi}); \quad (2)$$

$$\Psi = F_{\Psi}(\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{m\Psi}), \quad (3)$$

де $f_1, f_2, \dots, f_{n\Phi}$ — фізичні якості; $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{m\Psi}$ — психологічні якості, необхідні для володіння певною спеціальністю, підбір яких — також справа експертів.

Рейтинг P , у свою чергу, залежить від оцінки знань, отриманих з теоретичного матеріалу, практичних та лабораторних занять

$$P = F_p(T, \Pi, \Lambda), \quad (4)$$

де T, Π, Λ — показники засвоєння знань з теоретичного, практичного матеріалу та лабораторних занять, відповідно, і які визначаються таким чином:

$$T = (S_0^T, S_T, t_T, \Phi, \Psi); \quad (5)$$

$$\Pi = F_{\Pi}(S_0^{\Pi}, S_{\Pi}, t_{\Pi}, \Phi, \Psi); \quad (6)$$

$$\Lambda = F_{\Lambda}(S_0^{\Lambda}, S_{\Lambda}, t_{\Lambda}, \Phi, \Psi), \quad (7)$$

де $S_0^T, S_0^{\Pi}, S_0^{\Lambda}$ — показники початкових обсягів знань з теоретичного, практичного та лабораторного курсів, відповідно. Оцінені ці показники можуть бути за допомогою рівняння множинної лінійної регресії в результаті проведення тестового контролю по залишкових знаннях:

$$S_0 = \sum_{i=1}^m a_i x_i, \quad (8)$$

де x_i — оцінка за відповідь на i -те питання тесту; a_i — ваговий коефіцієнт i -го питання.

Для побудови цієї регресійної моделі можна використати статистичні дані, отримані в результаті контрольного опитування за тестами операторів, які навчалися в навчальних закладах та котельнях. В наведених формулах $S_T, S_{\Pi}, S_{\Lambda}$ — обсяги знань, які необхідно засвоїти під час навчання. Оцінкою обсягу знань може бути кількість тем по кожному з видів занять, якщо всі заняття мають приблизно однакову «вагу», або ж комплексний показник, який враховує цінність b_i кожного заняття (ця величина залежить від експертів) для майбутньої «вартості» спеціаліста і максимальний, за думкою експертів, час g_i для нормального засвоєння теми цього заняття.

$$S_T = \sum_{i=1}^n b_i^T g_i^T; \quad S_{\Pi} = \sum_{i=1}^k b_i^{\Pi} g_i^{\Pi}; \quad S_{\Lambda} = \sum_{i=1}^n b_i^{\Lambda} g_i^{\Lambda}, \quad (9)$$

де $t_T, t_{\Pi}, t_{\Lambda}$ — загальний термін засвоєння теоретичної, практичної та лабораторної частин курсу, відповідно.

Керуючи саме цими значеннями, знаючи початковий рівень знань S_0 і загальний обсяг знань, та зважаючи на показник фізичний Φ та психологічних Ψ якостей, викладач і повинен спланувати процес навчання самим оптимальним шляхом.

Функції $F_p, F_T, F_{\Pi}, F_{\Lambda}$ — математичні моделі прогнозів кількісної оцінки результуючого рейтингу та оцінок засвоєння навчальних матеріалів всієї програми курсу. Вони мають вигляд функцій відклику і створюються в результаті обробки статистичних даних за безпосередньої участі експертів — викладачів та спеціалістів з певного предмету.

Саме такий метод використовується для побудови моделей прогнозів $F_p, F_T, F_{\Pi}, F_{\Lambda}$.

Тепер, маючи одномірні функції корисності по кожному з показників і вагові коефіцієнти для кожного параметра та знайшовши суму добутків вагових коефіцієнтів на значення одномірних функцій корисності для конкретної людини, отримаємо загальну оцінку психологічної «вартості»

майбутнього експлуатаційника котельні.

Аналогічним чином проводиться оцінка і за іншими комплексними показниками (рівень фізичної, теоретичної, практичної, лабораторної підготовки), а потім і загальний рейтинг майбутнього оператора.

Запропонований підхід дозволяє визначити оптимальний час, який учень, в залежності від своїх особистих фізичних, психологічних властивостей та обсягу попередніх знань повинен витратити на оволодіння новими знаннями зі спеціальності.

Розроблені тренажери енергоблоку, системи хімводоочищення, промислово-опалювальної котельні дозволяють імітувати пускові та нормальні режими експлуатації теплоенергетичного устаткування.

Крім нормальних режимів роботи агрегатів ТЕС, на тренажерах, вивчають і деякі їх аварійні режими. Зокрема, імітується аварійна зупинка енергоблоку через переповнення підігрівника високого тиску живильної води.

Імітація аварійної ситуації з котлом промислово-опалювальної котельні відбувається таким чином. Попередньо відключаються всі захисти котла, включаються всі пальники і закривається головна парова засувка. Викладачем звертається увага учня на стрімке зростання тиску в барабані котла. Учня попереджають, що при помилкових діях або бездіяльності котел вибухне через дві хвилини і починається зворотний відлік часу. З подальшим підвищенням тиску вище граничного на екран виводиться зображення котла, що вибухнув і подається звуковий сигнал (рис. 2).

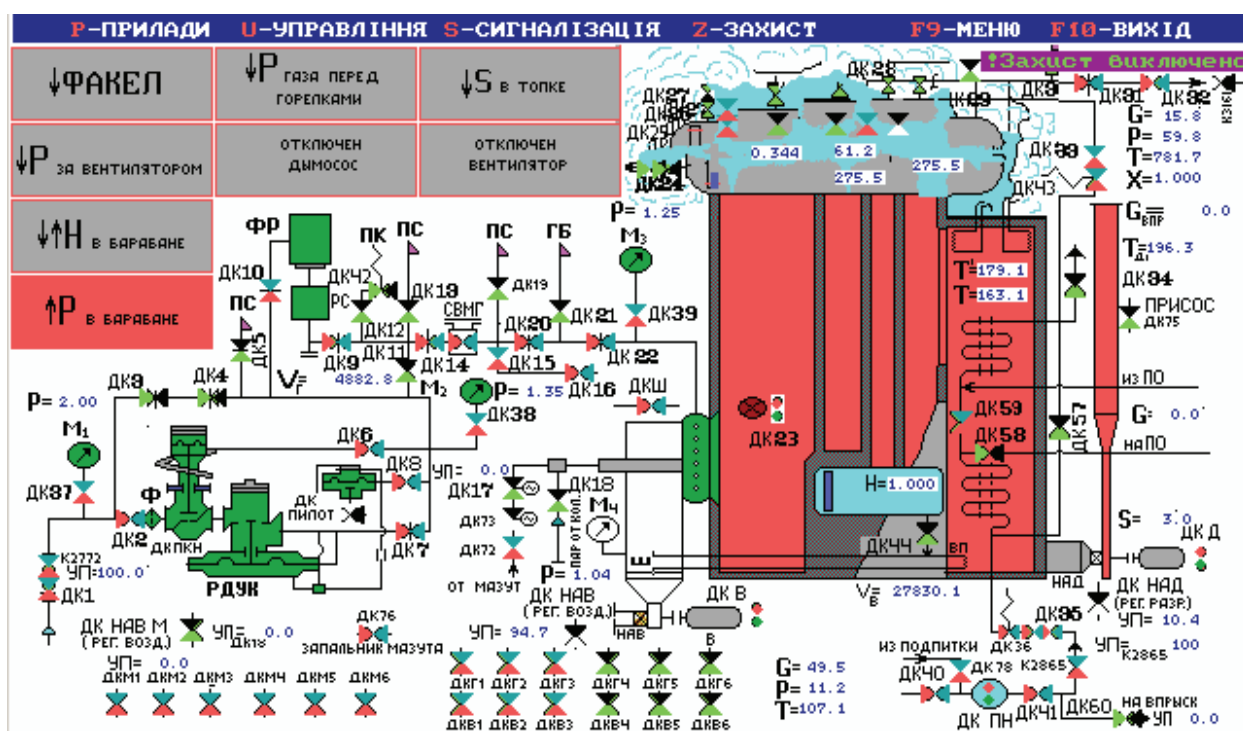


Рис. 2. Вибух парогенератора

До складу ТЕС входять котло-турбінний та хімводоочисний цехи або відділення. Оператори котло-турбінного цеху (КТЦ) працюють в умовах високого нервового напруження через високу ціну наслідків можливих помилок, шуму та вібрації фундаменту турбін, підвищених концентраціях пари мастил та продуктів згорання палив, електромагнітного випромінювання електрогенераторів. Від операторів потрібні значні фізичні зусилля уразі відмов електроприводів арматури та при ліквідаціях поломок та аварій. Через ускладнені умови роботи серед операторів КТЦ практично немає жінок. Навантаження на операторів цеху хімводоочищення є відносно невисокими, тому в більшості персонал є жіночим. Гендерний аспект експлуатації ТЕС робить доцільним його врахування в навчанні теплоенергетиків [3]. Тому при проведенні державного іспиту у студентів є можливість вибору виконувати завдання або на тренажерах котло-турбінного цеху, або на тренажерах цеху хімводоочищення.

Висновок

Досвід використання інноваційних технологій навчання показав, що новітні технології навчання дають можливість студентам розвивати творчі здібності та нешаблонне мислення, а також є досить ефективними, як для засвоєння теоретичного матеріалу так і для набуття практичних навичок, що дає можливість сформувати фахівця високого рівня кваліфікації, який в подальшому зможе самостійно приймати рішення в аварійних та виробничих ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лаврентьев Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева // Алтайский государственный университет. — Барнаул, 2002.
2. Головченко О. М. Автоматизоване управління комп'ютерною технологією навчання операторів хімоводоочистки ТЕС / О. М. Головченко, В. А. Каплун // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2004. — № 4. — С. 105—112.
3. Основы теории гендера : навч. посіб. — К. : «К.І.С.», 2004. — 536 с. — ISBN 966-8039.

Рекомендована кафедрою відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 4.11.2015

Головченко Олексій Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів;

Нанака Олена Миколаївна — канд. техн. наук, доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, e-mail: e_nanaka@rambler.ru.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

O. M. Golovchenko¹
O. M. Nanaka¹

Innovative Technologies in Training of Power Engineering Specialists

¹Vinnitsia National Technical University

There has been described active learning methods — simulated design of thermal power installations and business games in the management of these installations. The hardware and software for computer-based active learning methods have been given.

Keywords: innovative technologies, thermal power installations, computer simulator, accidents.

Golovchenko Oleksii M. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Renewable Energy and Transportation Systems and Electrical Systems;

Nanaka Olena M. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Renewable Energy and Transportation Systems and Electrical Systems, e-mail: e_nanaka@rambler.ru

A. M. Головченко¹
Е. Н. Нанака¹

Инновационные технологии в обучении энергетиков

¹Винницкий национальный технический университет

Рассмотрены активные методы обучения — игровое проектирование теплоэнергетических установок и деловые игры при изучении эксплуатации этих установок. Представлены аппаратное и алгоритмическое обеспечение компьютерного сопровождения активных методов обучения.

Ключевые слова: инновационные технологии, теплоэнергетические установки, компьютерный тренажер, аварийные ситуации.

Головченко Алексей Михайлович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры восстанавливаемой энергетики и транспортных электрических систем и комплексов;

Нанака Елена Николаевна — канд. техн. наук, доцент кафедры восстанавливаемой энергетики и транспортных электрических систем и комплексов, e-mail: e_nanaka@rambler.ru