УДК 378 : 377: 004.77: 004.94; 502/504

Куцан Юлій Григорович
доктор технічних наук, старший дослідник, в.о. заступника директора з науково-технічної роботи
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-0361-3190
kutsan.ug@ukr.net

Гурєєв Віктор Олександрович
кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник,
відділ моделювання енергетичних процесів і систем
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-8496-3626
viktor.gurieiev@ipme.com.ua

Яцишин Андрій Васильович
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник
Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, Україна,
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
iatsyshyn.andriy@gmail.com

Яцишин Анна Володимирівна
кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0001-8011-5956
anna13.00.10@gmail.com

ВІРТУАЛЬНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ПЕРСОНАЛУ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Анотація. Нині навчання та тренажерна підготовка персоналу в енергетичній галузі України має значні недоліки, що не дозволяє виконувати повною мірою зобов'язання перед міжнародними організаціями. У статті обґрунтовано важливість використання сучасних веб орієнтованих технологій для підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу в енергетичній галузі України. Описано особливості створення навчально-методичної бази для системи підготовки та підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу в енергетиці з метою формування й підтримки ключових компетентностей оперативного персоналу. Розглядаються переваги застосування розподіленого середовища для організації навчання і тренажерної підготовки оперативного персоналу за допомогою засобів моделювання режимів роботи електроенергетичних систем (ЕЕС) у віртуальному центрі. У результаті проведеного дослідження обґрунтовано навчально-методичну базу, структуру та функції віртуального науково-навчального центру для підвищення кваліфікації персоналу в енергетичній галузі України, який виконує такі функції: контроль знань, тренажерна підготовка, формування ключових компетентностей. Подано основні компоненти дистанційних курсів (ДК) з використанням спеціалізованих програмно-моделюючих систем для тренажерної підготовки персоналу в енергетиці. Тематика пропонованих ДК складається з лекцій, практичних занять та семінарів, передбачає проведення консультацій з викладачами і самостійну позааудиторну роботу персоналу у вільний або в робочій час. Важливим практичним аспектом в авторських ДК є використання інформаційно-програмного забезпечення для стійкого формування в персоналу енергетичної галузі ключових компетентностей зі швидкого розпізнавання умов виникнення аварій та, за необхідності, швидкої ліквідації їх наслідків. Це дозволить оволодіти знаннями та практичними навичками для розв'язання задач аналізу, моделювання, прогнозування та візуалізації даних моніторингу режимів роботи великих ЕЕС. Отже, для підвищення кваліфікації персоналу в енергетичній галузі України було розроблено і впроваджено: віртуальний науково-навчальний центр (ВННЦ) та забезпечено його наукову підтримку; розроблено та впроваджено ДК для організації змішаного навчання персоналу; розроблено та впроваджено повнофункціональний режимний

© Ю. Г. Куцан, В. О. Гурєєв, А. В. Яцишин, А. В. Яцишин, 2020.

вебтренажер (ПОРТ). Використання персоналом у галузі енергетики ВННЦ дозволить створити систему підготовки персоналу найвищої якості.

Ключові слова: ІКТ; віртуальний навчально-науковий центр; підвищення кваліфікації; оперативно-диспетчерський персонал; тренажери; дистанційні курси; енергетична галузь.

1. ВСТУП

Актуальність дослідження. Найбільшим викликом сьогодення для сталого розвитку сучасної цивілізації є надійна робота електроенергетичних систем для генерації і розподілу енергії належної якості споживачам у потрібних об'ємах. Об'єднана енергетична система (ОЕС) України інтегрує в собі велику кількість розподіленого по всій території країни технологічного обладнання, призначеного для генерування, збереження, транспортування, розподілу та використання енергії. Керування оперативною експлуатацією енергетичного устаткування має здійснюватись високо кваліфікованим персоналом. Недостатній рівень кваліфікації персоналу і відсутність готовності швидко ліквідовувати аварійні ситуації призводить до надзвичайних ситуацій і колосальних матеріальних витрат на відновлення енергопостачання [1], [2], [3].

Криза системи навчання, підготовки та підвищення кваліфікації персоналу в електроенергетиці існує не лише в Україні, але й у всьому світі. В Україні головними невирішеними проблемами діючої системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу в електроенергетиці є: неврегульованість законодавчого забезпечення; застаріле матеріально-технічне устаткування; потреба в оновленні і розробці навчально-методичного забезпечення; потреба в молодих кадрах: велика частка персоналу передпенсійного і пенсійного віку.

Перелічені вище проблеми не можуть бути ефективно вирішені тільки за рахунок створення нових закладів освіти, підготовки додаткового висококваліфікованого професорсько-викладацького персоналу і розробки нових навчальних програм і курсів навчання та підвищення кваліфікації. Мають бути створені доступні і рівні можливості для безперервного підвищення кваліфікації персоналу всіх електроенергетичних підприємств галузі.

Ці загальні для країн ЄС і України проблеми можуть бути вирішені тільки шляхом створення уніфікованої глобальної корпоративної освітньої системи на базі мережі Інтернет, що об'єднує всі існуючі навчальні заклади, віртуальні центри, пункти навчання та підвищення кваліфікації персоналу в єдину уніфіковану систему з виділенням базової керуючої й відповідальної організації.

У сучасних умовах метою підготовки та підвищення кваліфікації і формування ключових компетентностей оперативно-диспетчерського персоналу в енергетиці є:

1) підвищення кваліфікації персоналу для формування ключових компетентностей з метою розпізнавання умов виникнення кіберзагроз, аварійних ситуацій і методів їх швидкої ліквідації, що передбачає застосування теоретичних і практичних методів, пов'язаних з процесами генерації і розподілу енергії, які характеризуються міждисциплінарністю [4];

2) підготовка висококваліфікованих і професійних диспетчерів «еліти галузі», здатних вирішувати наукові задачі та питання щодо оптимізації режимів роботи великих ЕЕС, а також розв'язувати практичні завдання цифрової трансформації галузі [5], [6].

Також фахівці в галузі енергетики повинні мати навики використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що допомагають здійснювати

моделювання та прогнозування умов виникнення системних аварій в енергосистемах – тому вміння застосовувати ці технології є важливим для подальшої професійної діяльності. З огляду на те, що ІКТ постійно удосконалюються і розробляються нові системи управління, важливим у підготовці персоналу є ознайомлення їх з новітніми розробками, системами, програмними засобами та формування навичок застосовувати ці засоби в подальшій професійній діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різні аспекти розробки та використання віртуальних лабораторій (центрів) для освітніх цілей розглянуто в роботах зарубіжних учених: R. Heradio [7], L. de la Torre [7], D. Galan [7], F. Cabrerizo [7], J. Grodotzki [8], T. Ortelt [8], R. Morales-Menendez [9], R. A.Ramírez-Mendoza [9], M. Barker [10], S. Olabarriaga [10], М.Н. Краснянського [11], Б.В. Палюха [12], В.В. Бєлова [12], І.В. Образцова [12] та ін.; вітчизняних дослідників: Г.А. Білецької [13], К.Є. Бобрівника [14], М.В. Гладкої [14], М.О. Кіктєва [14], О.В. Семеніхіна [15], В.Г. Шамоні [15], І.С. Степури [16] та в попередніх публікаціях авторів [1], [4], [5], [6], [17].

Проаналізовані наукові публікації в галузі енергетики та екології було систематизовано за такими напрямами: можливі причини виникнення надзвичайних ситуацій на енергетичний об'єктах [2]; створення та діагностика енергетичного обладнання [18], [19]; теоретичні методи та практичні засоби математичного і комп'ютерного моделювання в енергетичній галузі [3], [17], [20]; побудова математичних і програмних засобів для оцінювання впливу підприємств паливно-енергетичного комплексу на економічну складову країни та навколишнє природне середовище [3], [20], [21]; тренажерні системи в енергетиці на базі віртуальних технологій [1], [4], [5], [6]; особливості підготовки та підвищення кваліфікації фахівців в галузі енергетики та екології [21], [22], [23], [24] та ін.

Однак у розглянутих вище публікаціях недостатньо уваги приділено використанню інтегрованих електронних технологій навчання і тренажерної підготовки оперативно-диспетчерського персоналу в енергетиці, створенню відповідної навчально-методичної бази для організації змішаної форми підвищення кваліфікації персоналу із застосуванням віртуальних розподілених тренажерних систем.

Мета дослідження – визначити проблеми системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу підприємств паливо-енергетичного комплексу, обґрунтувати функції, структуру та навчально-методичну базу віртуального науково-навчального центру для підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу в енергетиці України.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У даному дослідженні було використано низку методів: аналіз, систематизація, вивчення практичного досвіду вирішення задач ВННЦ; метод топологічного аналізу великих ОЕС; добір спеціалізованих програмно-моделюючих систем, доцільних для вирішення задач організації і функціонування ВННЦ; моделювання техногенних навантажень на ОЕС України; аналіз досвіду навчання майбутніх фахівців у галузі енергетики та екології; метод структуризації теоретичних матеріалів для розробки навчально-методичного забезпечення навчання і тренажерної підготовки персоналу.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Цифровізація суспільства вимагає від закладів вищої освіти та наукових установ послідовного розвитку і впровадження сучасних трендів ІКТ, демонстрування здатності вирішувати проблеми цифрової трансформації, що надає можливість істотно посилити конкурентоспроможність, залучити додаткові ресурси, зокрема оновити матеріальну базу, підвищити якість освіти. Важливими трендами в освіті є: використання хмарних технологій, доступ до віртуальних обчислювальних систем, бізнес-аналітики та Інтернет речей, віртуальні лабораторії, технології доповненої реальності (AR), віртуальної реальності (VR) та ін. [23].

Погоджуємося з тим, що за допомогою навчальних лабораторій можна моделювати та досліджувати широкий спектр різних фізичних процесів. Проте наявна матеріально-технічна база закладів освіти не дозволяє забезпечити всіх персональним доступом до такого обладнання. Одним із шляхів розв'язування даної проблеми є використання онлайн лабораторій в освітньому процесі [16].

Під поняттям «онлайн лабораторії» розуміють програмно-апаратні комплекси для проведення дослідів без безпосереднього контакту з фізичним обладнанням або за його відсутності [16]. За принципом функціонування навчальні онлайн лабораторії поділяються на віддалені, віртуальні та гібридні. У віддалених лабораторіях наявне лабораторне обладнання та програмне забезпечення для управління ним і оцифрування отриманих даних. Студент має можливість задавати режимні характеристики, керувати відповідними механізмами, знімати дані з контрольних приладів і фіксувати їх для подальшого опрацювання [11]. Віртуальними лабораторіями є програмні комплекси для проведення дослідів без використання фізичної лабораторної установки [12]. У ході експерименту відбувається імітація роботи лабораторного устаткування, а всі об'єкти та процеси моделюються за допомогою комп'ютера. У гібридних лабораторіях реальне обладнання (кероване локально або через систему віддаленого доступу) синхронізовано та використовується спільно з віртуальними лабораторіями. Така комбінація істотно покращує сприйняття досліджуваного предмета та сприяє формуванню цілісної картини світу із зрозумілими взаємозв'язками між параметрами інженерних систем [11].

Прикладом гібридної лабораторії є GOLDi (Grid of Online Laboratory Devices Ilmenau). GOLDi – це програмно-апаратний навчальний комплекс для проведення віртуальних і віддалених експериментів, що розроблений у Німеччині. Можливості цієї віртуальної лабораторії: дозволяє тестувати алгоритми мовами програмування Assembler і C на моделях таких фізичних систем, як станція розвантаження, ліфт, виробничий конвеєр і автоматизований склад. Доступ до середовища виконання експериментів здійснюється через особистий обліковий запис користувача на сайті лабораторії GOLDi [25].

Перевагами використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі є [14]: індивідуальне навчання без перерв; модульний поділ лабораторної роботи; поетапне вивчення технологічних процесів; можливість паралельного використання на лекційних, практичних і лабораторних заняттях; аналіз експериментальних даних одночасно з експериментом; модифікація та вдосконалення, внесення коректив до існуючої моделі.

Віртуальні та віддалені лабораторії зменшують витрати, пов'язані зі звичайними практичними лабораторіями, завдяки необхідному обладнанню, простору та обслуговуючому персоналу. Крім того, вони надають додаткові переваги, як-от: підтримка дистанційного навчання, покращення доступності лабораторії для людей з обмеженими можливостями та підвищення безпеки для небезпечних експериментів [7].

Вимоги до освіти інженерів змінюються зі збільшенням попиту галузі, що сприяє трансформації четвертої промислової революції. Тому Федеральне міністерство освіти та досліджень Німеччини (BMBF) розпочало низку науково-дослідних проєктів, пов'язаних з освітою, серед яких найбільшим є проєкт кооперативу ELLI – "Відмінне викладання та навчання в галузі інженерних наук". З трьох залучених університетів, а саме: RWTH Aachen University, Ruhr-Universität Bochum та TU Dortmund University, останній знаходиться в центрі розвитку віддалених та віртуальних лабораторій для машинобудівної освіти. Був створений Massive-Open-Online-Course (MOOC) з віддаленими лабораторіями, які є частиною застосовуваних дидактичних методів. Для подолання меж віддалених лабораторій були розроблені віртуальні об’єкти цих лабораторій та загальна віртуальна експериментальна лабораторія. Вони розроблені для різних пристроїв, що дозволяють студентам візуально досліджувати складні процеси та експериментувати. Усі ці засоби в даний час інтегруються в різні навчальні дисципліни. Спектр розроблених лабораторій розширюється за рахунок додавання нових процесів та впровадження технологій AR. Пристрої AR будуть використовуватись для розробки нових лабораторій. Ці лабораторії будуть додані до існуючих для покращення досвіду користувачів та підготовки до майбутнього змішаної реальності, у якій опрацювання інформації за технологією AR буде важливим навиком [8].

Сучасні досягнення в галузі ІКТ, Інтернету речей та цифровізація систем дозволили розробити тренажери виробничих заводів та виробничих систем з високою чіткістю зображення та реалізму в їх анімаціях, що може ідеально імітувати реальні системи. Інтеграція програмного забезпечення з реальним обладнанням/пристроями автоматизації відкриває нові шляхи вдосконалення та прискорення процесу викладання/навчання та розвитку компетентностей і навичок. Гібридна лабораторія поєднує підходи віртуальних та віддалених лабораторій для викладання курсів промислової автоматизації [9].

Віртуальні лабораторії та віртуальні дослідницькі середовища – це всі терміни, які використовуються для позначення цифрових середовищ, розроблених громадою, які створені для задоволення набору потреб дослідницької спільноти. Зокрема це інтегрований доступ до ресурсів дослідницької спільноти, разом з програмним забезпеченням, даними, інструментами співпраці, робочими процесами, інструментарієм та високопродуктивними обчисленнями, як правило, через Інтернет та мобільні додатки. Наукові шлюзи, віртуальні лабораторії та віртуальні дослідницькі середовища – це вагомий внесок у розвиток великої кількості дослідницьких галузей із сприянням більш ефективним відкритим, відтворюваним дослідженням новими способами [10].

Отже, використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі дає змогу, з одного боку, отримати практичні навики проведення експериментів, ознайомитися детально з комп'ютерною моделлю сучасного обладнання, досліджувати пожежо- і вибухонебезпечні процеси і явища, не турбуючись за можливі наслідки. З іншого боку, є можливість організувати взаємодію віртуального лабораторного комплексу з реально діючим обладнанням різних підприємств для збору експериментальних даних, що забезпечить відповідний рівень розвитку наукових розробок і технологічного керування процесом [14].

У Сумському державному університеті розроблена власна методична модель онлайн курсів, що стимулює високий рівень інтерактивності навчального контенту, зокрема широке застосування віртуальних тренажерів і симуляторів. Створено понад 2 000 віртуальних тренажерів і симуляторів на базі Java, JS, Flash, Unity3D (зокрема із застосуванням VR і AR). У 2019 р. в університеті створена навчально-дослідна лабораторія VR і AR, яка є частиною екосистеми онлайн навчання і дозволяє в

перспективі вийти на новий рівень застосування VR/AR в освіті. План розвитку навчальної екосистеми університету передбачає повний перехід навчального процесу університету на технології E-learning, активне впровадження моделей змішаного навчання, застосування VR і AR для навчання, розроблення власної концепції VR онлайн курсів, збільшення кількості і активне поширення неакадемічних масових онлайн курсів із можливістю трансферу результатів в академічні дисципліни [23].

На підставі аналізу наукової літератури та власного багаторічного досвіду роботи в галузі енергетики, визначено головні проблеми діючої системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу підприємств паливо-енергетичного комплексу, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Проблеми діючої системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу підприємств паливо-енергетичного комплексу

Рівні	Проблематика
Законодавчий	відсутні державні стандарти професійно-технічної освіти персоналу з конкретних професій електроенергетичної галузі
	неврегульованість законодавчого забезпечення
	відсутні галузеві професійні стандарти системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу
Технологічний	матеріально-технічне устаткування є застарілим
	відсутнє відкрите інформаційне і моделююче середовище для здійснення повноцінних досліджень, аналізу та прогнозування нормальних і аварійних режимів роботи ЕЕС і ОЕС, разом з усіма існуючими рівнями ієрархії управління в цілому, з метою використання результатів досліджень і розрахунків в системі тренажерної підготовки
	існуючі діючі на атомних електростанціях (АЕС) України повнофункціональні режимні тренажери є найефективнішими засобами навчання і тренажерної підготовки за винятком аварійних електромагнітних перехідних процесів в ЕЕС і ОЕС. У той же час вони є дуже дорогими і орієнтованими, як правило, на моделювання конкретного електроенергетичного устаткування АЕС, що ускладнює перенесення та застосування отриманих навичок і знань з ліквідації аварій в інші подібні частини великих ЕЕС та не дає можливість моделювати аварійні впливи режимів роботи електроенергетичного обладнання ЕЕС або ОЕС на режими роботи самих АЕС
	мала кількість спеціалізованих тренажерів
Освітній	потребує оновлення і розробки навчально-методичне забезпечення
	велика кількість професій персоналу електроенергетичної галузі, експлуатуючих різноманітне електроенергетичне устаткування, і недостатня міра його уніфікації значною мірою обмежує розробку загального підходу (загальних стандартів підвищення кваліфікації) до створення сучасних і ефективних систем навчання та підвищення кваліфікації персоналу електроенергетичної галузі в цілому
	програми навчання та підвищення кваліфікації, які застосовуються у відповідних навчальних профільних закладах, є дуже застарілими і орієнтовані, як правило, на розгляд окремих конкретних

	теоретичних або практичних, часто не актуальних питань експлуатації устаткування ЕЕС та ОЕС і базуються на електротехнічних принципах, а не на інформаційних моделях ЕЕС і ОЕС в цілому
	мала кількість доступних відкритих загальних вебресурсів для отримання структурованих знань на компетентнісній основі, разом з підвищенням кваліфікації і тренажерною підготовкою викладачів та інструкторів з обов'язковим контролем рівня їх кваліфікації
Кадровий	відсутня належна оперативна та довготривала психофізіологічна експертиза (діагностика) персоналу: тестування, система професійної та соціальної реабілітації
	відсутні науково обґрунтовані критерії визначення рівня надійності ключових компетентностей персоналу (за допомогою щорічного простого тестування), що забезпечує основні технологічні процеси генерації, розподілу і споживання електричної та теплової енергії
	відсутність підтвердження кваліфікації викладацьких кадрів, що забезпечують підвищення кваліфікації персоналу електроенергетичної галузі
	проблема втрати досвіду, навичок і знань та практичного досвіду висококваліфікованого персоналу, зокрема того, що йде на пенсію. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом дистанційного залучення пенсіонерів-фахівців з великим досвідом для розробки сценаріїв протиаварійних тренувань і тренувальних навчань, участі в дистанційних курсах, експертного обговорення можливих умов виникнення прогнозованих аварій (або таких, що сталися)
	потреба в молодих кадрах: велика частка персоналу передпенсійного і пенсійного віку

На сьогодні існуюча система навчання і підвищення кваліфікації персоналу в енергетиці України є дуже малоефективною, має значні проблеми та недоліки. Існуюча мережа закладів вищої освіти вже не є оптимальною для якісного навчання, контролю знань та формування ключових компетентностей персоналу паливо-енергетичного комплексу. Такий стан системи підвищення кваліфікації персоналу енергетики України не дає можливості ефективно вирішувати задачі роботи з персоналом, а тому потребує суттєвої модернізації в багатьох аспектах.

Для часткового вирішення окреслених вище проблем у тісній співпраці з провідними Інститутами, закладами вищої освіти та вченими в галузі енергетики було розроблено інноваційне віртуальне середовище що складається з повнофункціонального режимного вебтренажера (ПОРТ) та дистанційного навчального курсу) для навчання та тренажу персоналу ОЕС України під час очно-дистанційної форми навчання. Створене віртуальне середовище названо «Віртуальний науково-навчальний центр» (сайт: http://www.infotec.ua). Головними *функціями* ВННЦ є освітня, інформаційна, наукова та ін. У *структурі* ВННЦ кілька розділів, у яких представлено: віртуальну модель ОЕС України, статті в галузі енергетики, вебінари, інформацію по автоматизації підстанцій, дистанційне навчання (розміщено авторські ДК) та тренаж оперативно-диспетчерського персоналу НЕК «Укренерго» тощо (рис. 1).

Частково *навчально-методичну базу* ВННЦ представлено на рис. 2, де показано кілька розроблених ДК для підвищення кваліфікації персоналу в енергетиці України. Метою ДК (Технологія оперативних перемикань в електричних мережах ОЕС України) є підготовка майбутніх фахівців для формування в них знань та ключових

компетентностей щодо розпізнавання умов виникнення аварійних ситуацій, здатності вчасного попередження та швидкої ліквідації їх наслідків, зокрема здатності до використання спеціалізованих тренажерно-моделюючих систем. Змістові модулі ДК: «Компетентності розпізнавання умов виникнення аварійних ситуацій», «Компетентності швидких методів ліквідації аварій», «Компетентності з основ електротехніки і енергетики», «Методи оптимізації роботи ЕЕС».

ДК складаються з лекцій та практичних занять, передбачається проведення консультацій і самостійної позааудиторної роботи оперативного персоналу з вивчення додаткової і наукової літератури. На вивчення дисципліни відводиться 60 годин / 2 кредити ЄКТС (16 год. лекцій, 24 год. практичних, 20 год. самостійної роботи).

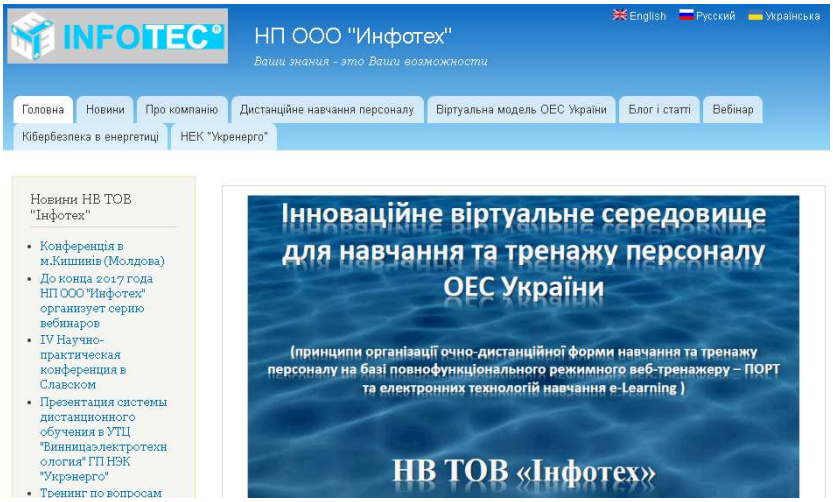

Рис. 1. Сторінка авторського сайту http://www.infotec.ua

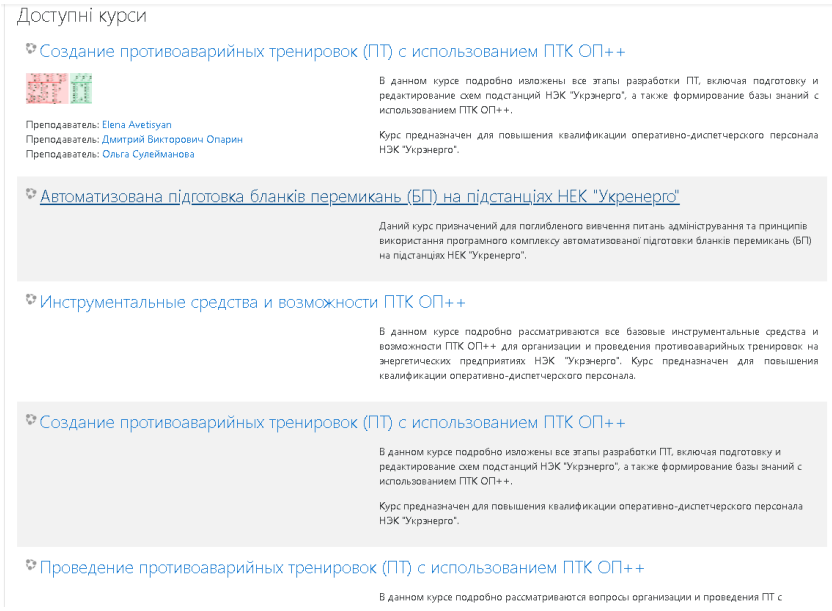

Рис. 2. Розроблені ДК для підвищення кваліфікації персоналу в енергетиці України на сайті http://www.infotec.ua

Основні завдання ДК полягають у тому, щоб:

– ознайомити персонал з нормативно-правовим забезпеченням у галузі технології оперативних перемикань в електричних мережах;

– навчити давати оцінку оперативного стану електричних мереж у різних регіонах України;

– навчити прогнозувати стан роботи електроенергетичного обладнання ОЕС України, використовуючи методи математичного моделювання;

– ознайомити оперативний персонал з основними поняттями та методами, що використовуються при оцінюванні впливу об'єктів критичної інфраструктури;

– сформувати вміння вирішення задач ВННЦ із застосуванням спеціальних методів і засобів;

– сформувати вміння використовувати спеціалізовані програмно-моделюючі системи в галузі енергетики;

– розвивати навички самостійної роботи.

Під час *лекційного курсу* передбачено виклад основних питань щодо технології оперативних перемикань в електричних мережах та диспетчерського управління. Під час *практичних занять* пропонується розробити сценарії складних аварій, що сталися або прогнозуються та створити протиаварійні тренування (ПТ) на їх основі. Створені ПТ нумеруються (без прізвищ) і в подальшому на семінарських заняттях використовуються тільки з метою їх конструктивного обговорення і поліпшення. Під час *семінарських занять* персонал обговорює всі запропоновані варіанти сценаріїв ПТ, виявляє їх недоліки і формує оцінку. Доцільність використання такого підходу проявляється в можливості виявити кращих розробників ПТ та значно розширити можливості конструювання ПТ за тематикою можливих аварій.

Розроблене авторами інформаційно-програмне забезпечення спрямоване на вирішення багатьох наукових та практичних задач ВННЦ. Основними з них є [1], [4], [5], [21]:

– збір, збереження та опрацювання оперативних даних поточних режимів роботи ЕЕС;

– вибірка даних режимного моніторингу, їх графічна візуалізація та статистичний аналіз;

– побудова та визначення актуальних задач ВННЦ;

– визначення прогнозованих варіантів аварій і конструювання відповідних ПТ;

– дослідження статичної та динамічної стійкості ЕЕС (дослідження динаміки ризиків протягом різних проміжків часу);

– визначення взаємного впливу різноманітних режимів роботи блоків АЕС на ОЕС в цілому;

– візуалізація режимів роботи ЕЕС з використанням графіків, діаграм, електронних карт тощо.

На сторінках сайту http://www.infotec.ua детально описано етапи навчального процесу із застосуванням ПОРТ. ДК функціонує на базі електронної системи навчання Moodle із використанням ПОРТ, що призначений для формування та підтримки в персоналу ОЕС України (всіх рівнів існуючої системи ієрархії управління) стійких навичок швидкої ліквідації умов виникнення та можливого розвитку великих системних аварій. Передбачена можливість участі в протиаварійних тренуваннях (ПТ) персоналу атомних, теплових, вітряних, сонячних електростанцій, гідроелектростанцій і електропостачальних компаній (обленерго).

Розподілена система баз даних і серверів додатків обчислювальної мережі ПОРТ об'єднана в глобальну мережу і підключена до Інтернету. Окремі бази даних і сервера додатків, частина з яких можуть бути віртуальними, об'єднані, подібно до енергооб'єктів ЕЕС, в єдину глобальну обчислювальну мережу і територіально знаходяться в різних місцях (усі види електростанцій, обленерго та ін.). Така структура

обчислювальної мережі ПОРТ дозволяє адекватно й швидко моделювати різноманітні аварійні або усталені по напрузі та частоті режими паралельно працюючих енергосистем і/або об'єднань [26].

Результати моделювання легкодоступні будь-яким користувачам, що забезпечує ефективну організацію і проведення міжсистемних ПТ і тренувальних навчань персоналу, який має доступ до Інтернету та знаходиться в будь-яких зручних для проведення ПТ робочих місцях або в навчально-тренувальних центрах (НТЦ). Це можуть бути території АЕС, ТЕС, ГЕС, високовольтних підстанцій, обленерго та інших енергопідприємств. Залежно від типу сценарію ПТ, особливостей аварії та цілей ПТ можна формувати та притягати будь-який склад оперативно-диспетчерського персоналу підприємств ОЕС України для ліквідації цієї конкретної аварійної ситуації. При цьому будь-яких причин, обмежень і необхідності проведення ПТ тільки в одному місці не існує [26].

Також забезпечена можливість, у разі потреби, залучати будь-який персонал підприємств паралельно працюючих ОЕС країн Росії, Молдови та ін. Головними умовами можливості участі персоналу в ПТ є наявність відповідного пароля і наявність доступу до Інтернету з ПК, який знаходиться на власному робочому місці або в НТЦ. Час початку та тривалість проведення ПТ задає (вибирає з меню) інструктор. Він також може задати час старту ПТ (будь-який час доби протягом 24 годин), дискретність зміни навантаження/генерації (мінімум - це 30 сек.) і тривалість ПТ для наступних можливих варіантів: підвищення, пониження, проходження мінімуму або максимуму навантаження/генерації ЕС. Головний керівник/інструктор протиаварійного тренування та його учасники (локальний інструктор і той, що навчається/тренується) повинні мати різні права доступу до ресурсів тренажера. Для входу в ПОРТ усім учасникам і гостям необхідно ввести логін і пароль. Гостьовий (мінімальний) доступ припускає тільки спостереження та перегляд схем [26].

На рис. 3 і 4 показано приклади роботи ПОРТ.

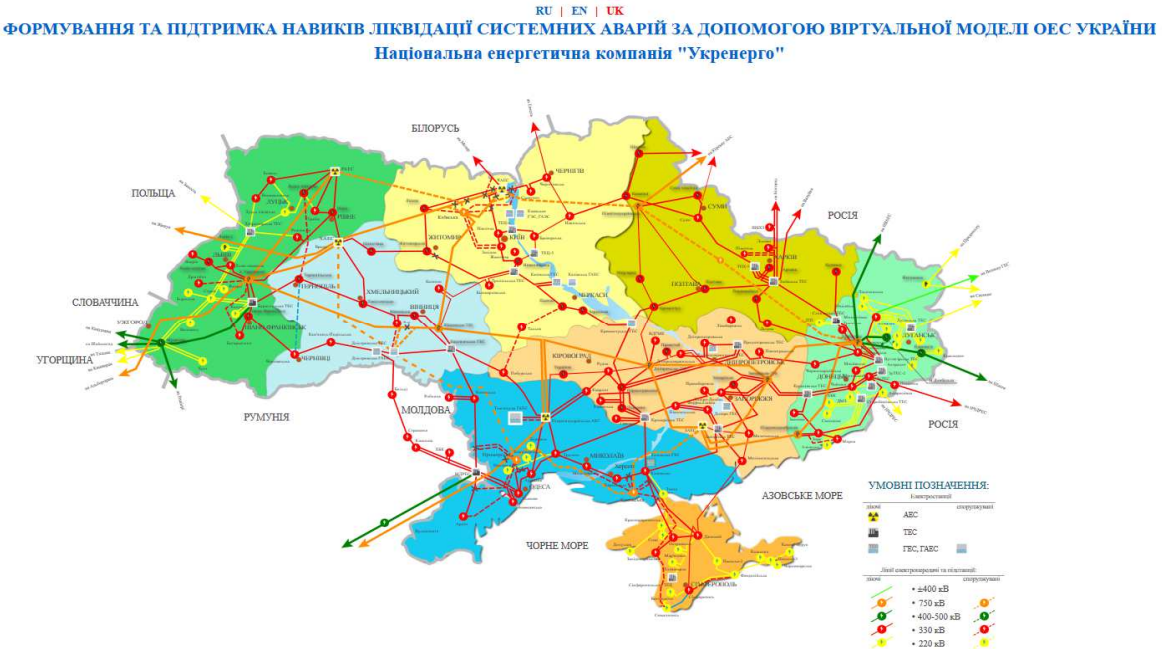

Рис. 3. Приклад роботи ПОРТ

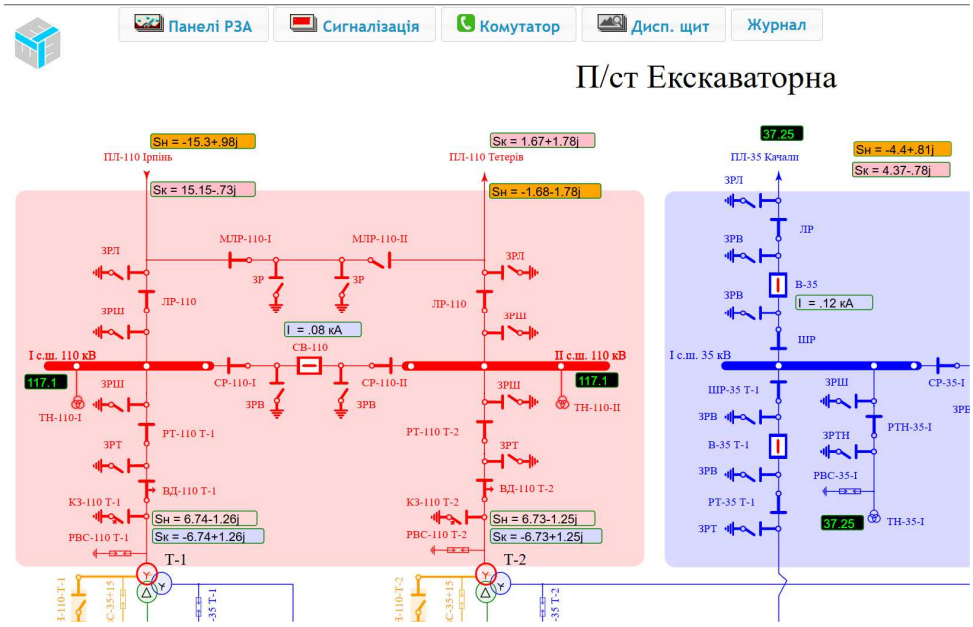

Рис. 4. Приклад роботи ПОРТ

З метою оцінювання слухачами здобутих знань після проходження дистанційних курсів і роботі з ПОРТ було використано кілька інструментів системи Moodle, а саме:

1) тести. У дистанційних курсах з підготовки персоналу в енергетиці було підготовлено різні тести з такими видами запитань: запитання в закритій формі (множинний вибір), з вибором правильно/неправильно, на відповідність, коротка текстова відповідь, а також обчислювані запитання. Приклад тесту подано на рис.5;

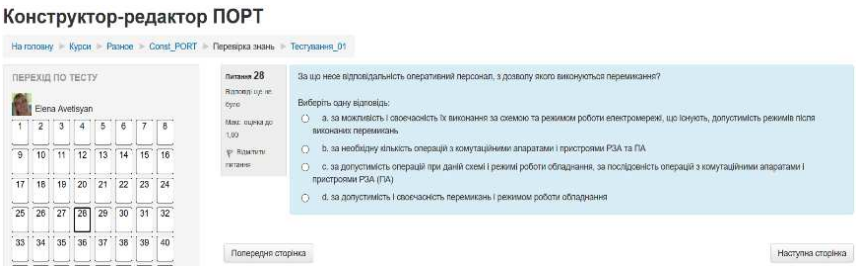

Рис.5. Приклад тесту із запитаннями в закритій формі

2) опитування. Інструмент опитування нами було застосовано з метою швидкого опитування отриманих знань та для проведення голосування. Цей інструмент використано в процесі дослідження проблеми для виявлення загальної думки, а також коли до тренування залучено групу фахівців. Застосування цього інструменту в системі підготовки персоналу в енергетиці дозволяє досягти освітніх цілей на рівнях аналізу, оцінювання та на творчому рівні, згідно з таксономією Блума-Андерсона [1]. Приклад опитування та його налаштування показано на Рис. 6;

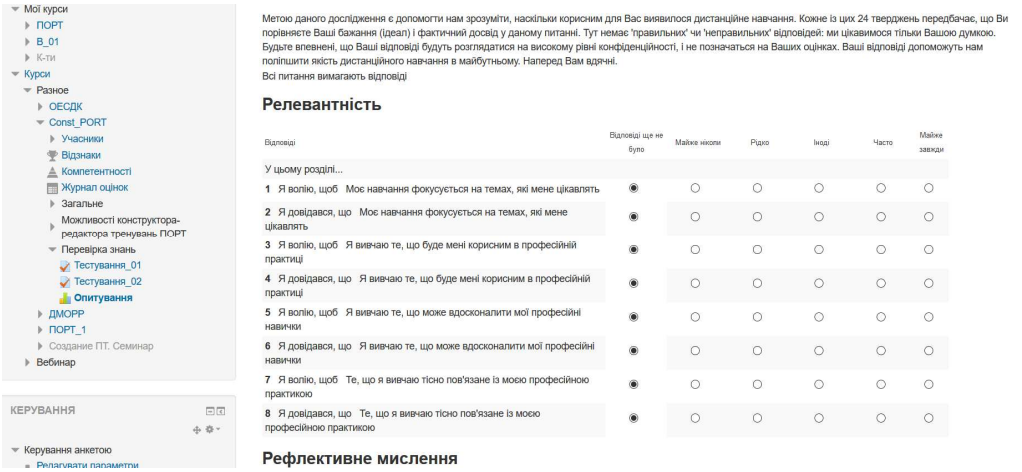

Рис.6. Приклад опитування слухачів

3) анкети. Цей інструмент допомагає здійснити анкетування персоналу, що є корисним при оцінюванні і стимулюванні навчання в дистанційних курсах.

У системі Moodle також можна обрати низку інструментів для аналізу результатів навчання та зворотного зв'язку з тими, хто навчається. До прикладу, на рис. 7 показано вікно рецензування робіт тих, хто навчається. Тьютор може обрати систему оцінювання: бальну, словесну тощо, налаштувати її, та налаштувати журнал оцінок відповідно до конкретного освітнього проєкту [1].

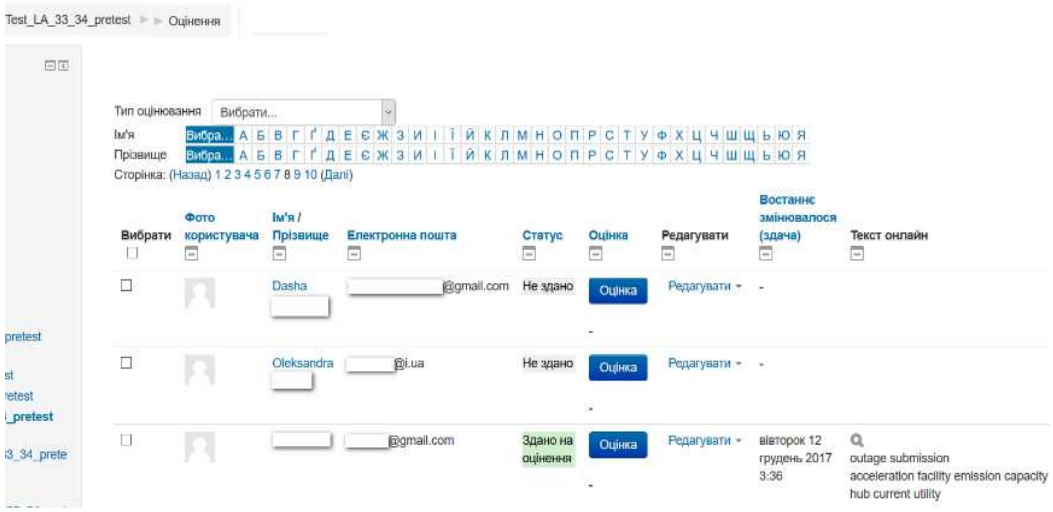

Рис. 7. Приклад рецензування робіт у курсі «Створення протиаварійних тренувань із застосуванням ПТК ОП++»

Однією з переваг системи Moodle є можливість легкої інтеграції з іншими системами, зокрема є можливість завантажувати такі пакети, як SCORM, IMS або AICC у вигляді архіву і додавати їх до будь-яких навчальних курсів. Додаткові пакети розширюють можливості Moodle: наприклад, у розроблених нами ДК пропонується використовувати IMS пакет для представлення мультимедійного контенту і анімації, про що детально описано в попередній публікації [1] одного з авторів даної статті.

На сьогодні розроблене інформаційно-програмне забезпечення, що є складником ВННЦ, впроваджено в Київському політехнічному інституті ім. Ігоря Сікорського, приватному акціонерному товаристві «Національна енергетична компанія «Укренерго»

та ін. За період роботи віртуального науково-навчального центру вже підвищили кваліфікацію понад 5000 осіб.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасний стан системи роботи з персоналом енергетики України характеризується значними недоліками, що не дозволяє Україні повною мірою виконувати взяті на себе зобов'язання перед міжнародними організаціями в галузі навчання та тренажерної підготовки персоналу.

У результаті аналізу наукових публікацій було узагальнено основні напрями досліджень щодо створення віртуальних науково-навчальних центрів для підготовки оперативно-диспетчерського персоналу в енергетиці України: розробка нової або удосконалення існуючої методичної бази ВННЦ, а також підходи щодо забезпечення їх наукової підтримки; розробка автоматизованих систем моніторингу несанкціонованих впливів на об'єкти важливої інфраструктури; розробка та використання ДК для організації змішаного навчання персоналу; розробка та використання концептуальної, зовнішніх і внутрішніх схем розподілених баз даних предметної області енергетики; розробка та використання математичних методів і засобів моделювання режимів роботи великих ЕЕС; розробка інформаційного забезпечення ПОРТ, разом із створенням програмного забезпечення у вигляді розподілених комп'ютерних систем та баз даних.

Визначено головні проблеми системи підвищення кваліфікації оперативно-диспетчерського персоналу підприємств паливо-енергетичного комплексу, які потребують вирішення на таких рівнях: законодавчому, технологічному, освітньому, кадровому. Тому для підвищення кваліфікації персоналу в енергетичній галузі України було: розроблено віртуальний науково-навчальний центр та забезпечено його наукову підтримку; розроблено та впроваджено ДК для організації змішаного навчання персоналу; розроблено та впроваджено ПОРТ.

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано функції (освітню, інформаційну, наукову та ін.), структуру та навчально-методичну базу віртуального науково-навчального центру для підвищення кваліфікації персоналу в енергетичній галузі України, де є контроль знань, тренажерна підготовка, формування ключових компетентностей. Важливим практичним аспектом в авторських ДК є використання інформаційно-програмного забезпечення для стійкого формування у персоналу енергетичної галузі ключових компетентностей із швидкого розпізнавання умов виникнення аварій та, за необхідності, швидкої ліквідації їх наслідків. Це дозволить оволодіти знаннями та практичними навичками для розв'язання задач аналізу, моделювання, прогнозування та візуалізації даних моніторингу режимів роботи великих ЕЕС.

Отже, використання ПОРТ сприятиме:

- забезпеченню можливості безперервного ознайомлювання оперативного персоналу з технологією оперативних перемикань в електричних мережах та основам диспетчерського управління;
- ознайомленню персоналу з основними поняттями та методами, що використовуються при оцінюванні стану об'єктів ЕЕС, та взаємним впливом режимів їх роботи;
- навчанню персоналу вирішувати поточні задачі професійної виробничої діяльності із застосуванням веб орієнтованих тренажерних систем та спеціальних методів і засобів моделювання режимів роботи ЕЕС, а також

розвиненню здатностей до швидкого розпізнавання умов виникнення аварій та їх ліквідації.

Напрямки подальших наукових досліджень варто зосередити на створенні спеціалізованих ДК для підвищення кваліфікації осіб, які приймають рішення в галузі політики управління ЕЕС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] В.О. Гурєєв, О.В. Сангінова, та О.В. Аветісян, *Методи моделювання та засоби побудови і функціонування віртуальних науково-навчальних центрів в енергетиці. Монографія*. Київ, Україна: ВП «Едельвейс», 2019.

[2] О.О. Попов, та ін., «Аналіз можливих причин виникнення надзвичайних ситуацій на АЕС з метою мінімізації ризику їх виникнення», *Ядерна та радіаційна безпека*, т. 81, № 1, с. 75-80, 2019. Доступно: https://doi.org/10.32918/nrs.2019.1(81).13. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[3] О.О. Попов, та ін., «Концептуальні підходи створення інформаційно-аналітичної експертної системи для оцінки впливу АЕС на довкілля», *Ядерна та радіаційна безпека*, т. 79, № 3, с. 56-65, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[4] В.А. Гуреев, и О.В. Сангинова, «Распределенная среда моделирования режимов в полнофункциональном режимном тренажере (ПОРТ) для энергосистем Украины», *Технічна електродинаміка*, №5, с. 67–69, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.15407/techned2016.05.067 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[5] V. Gurieiev, and O. Sanginova, «Simulation and study of modes for full-scale mode simulator for Ukrainian energy systems». *Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). IEEE Xplore Digital Library*. p. 1–4, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/IEPS.2016.7521848 Accessed on: December 25, 2019.

[6] В.А. Гуреев, В.Д. Самойлов, и О.В. Сангинова, «Принципы организации национальной системы обучения и тренажа персонала объединенной электроэнергетической системы Украины», *Электронное моделирование*, №4, с. 109–121, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.15407/emodel.38.04.109 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[7] R. Heradio, et al., «Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis». *Computers & Education*, Vol. 98, p.14–38, 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[8] J. Grodotzki, T.R. Ortelt, and A.E. Tekkaya, «Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0.» *Procedia Manufacturing*, Vol. 26, p. 1349–1360, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.126 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[9] R. Morales-Menendez, R. A.Ramírez-Mendoza, and A.Jr. Vallejo Guevara, «Virtual/Remote Labs for Automation Teaching: a Cost Effective Approach». *IFAC-PapersOnLine*, Volume 52, Issue 9, p. 266-271, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.219 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[10] M. Barker, et al., «The global impact of science gateways, virtual research environments and virtual laboratories». *Future Generation Computer Systems*, Vol. 55, p.240-248, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.026 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[11] М.Н. Краснянский, «Разработка школьных виртуальных лабораторий на базе среды программирования LabVIEW», 2007. [Електронний ресурс]. Доступно: http://club-edu.tambov.ru/methodic/2007/virt/ Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[12] Б.В. Палюх, В.В. Белов, и И.В. Образцов, «Технология виртуальных лабораторий в практике строительного образования», *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*, №1, с. 42–45, 2013.

[13] Г.А. Білецька, «Використання віртуальних лабораторних робіт у підготовці фахівців-екологів» *Інформаційні технології в освіті*, Вип. 12, с. 44-49, 2012. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.14308/ite000314 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

[14] К.Є. Бобрівник, М.В. Гладка, та М.О. Кіктєв, «Проектування віртуальної навчальної лабораторії для студентів технічно-технологічних спеціальностей», *Енергетика і автоматика*, № 3, с. 18-23, 2014.

[15] О.В. Семеніхіна, та В.Г. Шамоня, «Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності», *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, № 1(11), с. 341-345, 2011.

[16] І.С. Степура, «Можливості використання гібридної лабораторії GOLDi для проведення навчальних експериментів», *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, Вип. 3, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeeemu_2017_3_24 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[17] В.О. Гурєєв, «Розробка алгоритмів і програм швидкодіючих методів розрахунку режимів роботи великих електроенергетичних систем (ЕЕС) і енергооб'єднань (ЕО) для тренажерів», *Наукові праці ВНТУ*, № 1, с. 1-5, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/529/520 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[18] A.O. Zaporozhets, V.S. Eremenko, R.V. Serhiienko, and S.A. Ivanov, «Development of an intelligent system for diagnosing the technical condition of the heat power equipment», *XIII International Scientific and Technical Conference "Computer Sciences and Information Technologies" (CSIT 2018)*, Lviv, p. 48-51, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526742. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[19] A. Zaporozhets, V. Eremenko, R. Serhiienko, and S. Ivanov, «Methods and Hardware for Diagnosing Thermal Power Equipment Based on Smart Grid Technology», *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, vol. 871, p. 476-489, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_34. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[20] В.О. Артемчук та ін., *Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики*. Київ, Україна: ТОВ «Наш формат», 2017.
[21] А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Ковач, В.О. Артемчук та І.С. Зінов'єва, «Автоматизовані інформаційні системи підтримки прийняття управлінських рішень у галузі екологічної безпеки», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 72(4), с. 286–305, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.33407/itlt.v72i4.2993. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[22] І.С. Зінов'єва, В.О. Артемчук, та А.В. Яцишин, «Використання відкритих геоінформаційних систем у підготовці фахівців з комп'ютерних наук», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 68, № 6, с. 87-99, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2567. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[23] А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Ковач, та В.О. Артемчук, «Методика навчання майбутніх фахівців у галузі екології методам і засобам екологічного моніторингу приземного шару атмосфери», *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 66, № 4, с. 217–230, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: https://doi.org/10.33407/itlt.v66i4.2233. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[24] Anna V. Iatsyshyn, et al., «Application of augmented reality technologies for education projects preparation». *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, CEUR Workshop Proceedings (2019, in press).
[25] Manual Control of the "3-Axis-Portal" [Електронний ресурс]. Доступно: http://goldi-labs.net/index.php?Site=37 Дата перегляду: Грудень 25, 2019.
[26] Повнофункціональний режимний веб-тренажер ПОРТ [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.infotec.ua/uk/node/82. Дата перегляду: Грудень 25, 2019.

Матеріал надійшов до редакції 05.01.2020 р.

ВИРТУАЛЬНЫЙ НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА В ЭНЕРГЕТИКЕ УКРАИНЫ

Куцан Юлий Григорьевич
доктор технических наук,
старший исследователь, и.о. заместителя директора по научно-технической работе
Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-0361-3190
kutsan.ug@ukr.net

Гуреев Виктор Александрович
кандидат техничных наук, ведущий научный сотрудник
отдел моделирования энергетических процессов и систем
Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0002-8496-3626
viktor.gurieiev@ipme.com.ua

Яцишин Андрей Васильевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник
Институт проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
iatsyshyn.andriy@gmail.com

Яцишин Анна Владимировна
кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора по научной работе,
Институт информационных технологий и средств обучения НАПН Украины, г. Киев, Украина
ORCID ID 0000-0001-8011-5956
anna13.00.10@gmail.com

Аннотация. В настоящее время обучение и тренажерная подготовка персонала в энергетической отрасли Украины имеет значительне недостатки, что не позволяет выполнять в полной мере обязательства перед международными организациями. В статье обоснована важность использования современных веб-ориентированных технологий для повышения квалификации оперативно-диспетчерского персонала в энергетической отрасли Украины. Описаны особенности создания учебно-методической базы для системы подготовки и повышения квалификации оперативно-диспетчерского персонала в энергетике с целью формирования и поддержки ключевых компетентностей оперативного персонала. Рассматриваются преимущества применения распределенной среды для организации обучения и тренажерной подготовки оперативного персонала с помощью средств моделирования режимов работы электроэнергетических систем (ЭЭС) в виртуальном центре. В результате проведенного исследования обоснована учебно-методическая база, структура и функции виртуального научно-учебного центра для повышения квалификации персонала в энергетической отрасли Украины, который включает контроль знаний, тренажерную подготовку, формирование ключевых компетентностей. Представлены основные компоненты дистанционных курсов (ДК) с использованием специализированных программно-моделирующих систем для тренажерной подготовки персонала в энергетике. Тематика предлагаемых ДК состоит из лекций, практических занятий и семинаров, предусматривает проведение консультаций с преподавателями и самостоятельную внеаудиторную работу персонала в свободное или рабочее время. Важным практическим аспектом авторских ДК является использование информационно-программного обеспечения для устойчивого формирования у персонала энергетической отрасли ключевых компетентностей по быстрому распознаванию условий возникновения аварий и, при необходимости, быстрой ликвидации их последствий. Это позволит овладеть знаниями и практическими навыками для решения задач анализа, моделирования, прогнозирования и визуализации данных мониторинга режимов работы больших ЭЭС. Следовательно, для повышения квалификации персонала в энергетической отрасли Украины были разработаны и внедрены: виртуальный научно-учебный центр (ВННЦ) и обеспечена его научная поддержка; разработаны и внедрены ДК для организации смешанного обучения персонала; разработан и внедрен полнофункциональный режимный веб-тренажер (ПОРТ). Использование персоналом в отрасли энергетики ВННЦ позволит создать систему подготовки персонала наивысшего качества.

Ключевые слова: ИКТ; виртуальный учебно-научный центр; повышение квалификации; оперативно-диспетчерский персонал; тренажеры; дистанционные курсы; энергетическая отрасль.

VIRTUAL RESEARCH AND TRAINING CENTRE FOR OPERATING AND DISPATCHING PERSONNEL IN THE ENERGY SECTOR OF UKRAINE

Yulii G. Kutsan
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Deputy Director for Scientific and Technical Work
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-0361-3190
kutsan.ug@ukr.net

Viktor O. Gurieiev
PhD of Technical Sciences, Senior Researcher,
Department of Energetic Processes Modelling and Systems
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-8496-3626
viktor.gurieiev@ipme.com.ua

Andrii V. Iatsyshyn
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher,
Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-5508-7017
iatsyshyn.andriy@gmail.com

Anna V. Iatsyshyn
PhD of Pedagogical Sciences, Senior Researcher, Deputy Director for Science
Institute of Information Technologies and Learning Tools of NAES of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0001-8011-5956
anna13.00.10@gmail.com

Abstract. Currently, personnel education and training in the energy sector of Ukraine is characterized by significant shortcomings, which does not allow the fulfilment of obligations towards international organizations in full. The article substantiates the importance of using modern web-oriented technologies to improve the skills of operational and dispatching personnel in the energy sector of Ukraine. The peculiarities of developing the academic framework for the operational and dispatching personnel training system in the energy sector in order to form and maintain the personnel key competencies are described. The advantages of using the distributed environment for the organization of operational personnel education and training using the simulation tools for the operating modes of electric energy systems (EES) in the virtual center are considered. As a result, the conducted research allowed substantiating the academic framework, structure and functions of the virtual research and training centre for the personnel in the energy sector of Ukraine professional development. Such centre includes the knowledge assessment, training, and formation of the personnel key competences. The basic components of distance learning courses (DLCs) applying the customised software simulators for training personnel in the energy sector. The subjects of the suggested DLCs contains the lectures, training sessions and workshops, providing consultations with the lecturers and personnel individual projects during or after working hours. An important practical aspect of the designed DLCs is the application of information software for the sustainable development of the energy sector personnel key competencies for rapid recognition of accidents and, if necessary, their rapid elimination. This will allow them to acquire knowledge and practical skills to solve the problems of analysis, modelling, forecasting and visualization of the operation modes monitoring data of large electric energy systems. Therefore, in order to improve the qualification of the personnel in the energy sector of Ukraine, a virtual research and training centre (VRTC) was developed and implemented, and its scientific support was provided; the DLC for the organization of staff blended training was developed and implemented; a full-featured web mode simulator (FWMS) was developed and implemented. The VRTC for the energy sector personnel will help create a system for the highest quality personnel training.

Keywords: ICT; virtual research and training centre; certification training; operating and dispatching personnel; simulators; distance learning courses; energy industry.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] V. Gurieiev, O. Sanginova, and E. Avetisyan, *«Modeling Methods and means of construction and operation of virtual research and training centers in energy». Monograph.* Kiev, Ukraine: VP «Edel′veys», 2019 (in Ukrainian).

[2] O. Popov, et al., «Analysis of Possible Causes of NPP Emergencies to Minimize Risk of Their Occurrence», *Nuclear and Radiation Safety*, Iss. 1(81), pp. 75-80, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.32918/nrs.2019.1(81).13 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[3] O. Popov, et al., «Conceptual Approaches for Development of Informational and Analytical Expert System for Assessing the NPP impact on the Environment», *Nuclear and Radiation Safety*, Iss. 3(79), pp.

56-54, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[4] V.O. Gurieiev, and O.V. Sanginova, «Distributed simulation environment of modes for full-scale mode simulator for ukrainian energy systems». *Tekhnichna Elektrodynamika*, vol. 5, pp. 67–69, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.15407/techned2016.05.067 Accessed on: December 25, 2019 (in Russian).

[5] V. Gurieiev, and O. Sanginova, «Simulation and study of modes for full-scale mode simulator for Ukrainian energy systems». *Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). IEEE Xplore Digital Library*, pp. 1–4, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/IEPS.2016.7521848 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[6] V.A. Gurieiev, V.D. Samoylov, and O.V. Sanginova, «National staff training system concept of integrated electric power system of Ukraine», *Èlektron. model.*, vol. 38(4), pp. 109-122, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.15407/emodel.38.04.109 Accessed on: December 25, 2019 (in Russian).

[7] R. Heradio, et al., «Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis». *Computers & Education*, vol. 98, pp. 14–38, 2016. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[8] J. Grodotzki, T.R. Ortelt, and A.E. Tekkaya, «Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0.» *Procedia Manufacturing*, vol. 26, pp. 1349–1360, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.126 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[9] R. Morales-Menendez, R. A.Ramírez-Mendoza, and A.Jr. Vallejo Guevara, «Virtual/Remote Labs for Automation Teaching: a Cost Effective Approach», *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 9, pp. 266-271, 2019 [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.219 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[10] M. Barker, et al., «The global impact of science gateways, virtual research environments and virtual laboratories». *Future Generation Computer Systems*, vol. 55, pp. 240-248, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1016/j.future.2018.12.026 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[11] M.N. Krasnjanskyj, «Development of school virtual laboratories on the basis of programming environment LabVIEW», 2017. [Online]. Available: http://clubedu.tambov.ru/methodic/2007/virt/ Accessed on: December 25, 2019 (in Russian).

[12] B.V. Paljukh, V.V. Belov, and I.V. Obrazcov, «The technology of virtual laboratories in the practice of building education». *Building materials, equipment, technologies of the XXI century*, vol. 1, pp. 42–45, 2013 (in Russian).

[13] G.A. Biletska, «Usage of virtual laboratory works while training professional ecologists», *Information Technologies in Education*, Issue 12, pp. 44-49, 2012. [Online]. Available: https://doi.org/10.14308/ite000314 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[14] K. Bobrivnyk, N. Gladka, and M. Kiktev, «Designing virtual learning laboratory for students of technical and technological professions», *Energy and automation*, vol. 3, pp.18-23, 2014 (in Ukrainian).

[15] O.V. Semenikhina, and V.H. Shamonia, «Virtual Laboratories as Instrument of Educational and Scientific Activity», *Teaching science: theory, history, innovative technology*, vol. 1(11), pp. 341-345, 2011 (in Ukrainian).

[16] I.S. Stepura, «Possibilities for the use of GOLDi hybrid laboratory for educational experiments», *Open educational e-environment of modern university*, vol. 3, 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.28925/2414-0325.2017.3.33036 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[17] V. Gurieiev, «Development of the algorithms and programs of high speed methods for the calculation of large electric energy systems (EES) and power utilities operation modes for the simulators», *Scientific Works of Vinnytsia National Technical University*, vol. 1, pp. 1-5, 2018. [Online]. Available: https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/529/520 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[18] A.O. Zaporozhets, V.S. Eremenko, R.V. Serhiienko, and S.A. Ivanov, «Development of an intelligent system for diagnosing the technical condition of the heat power equipment», *XIII International Scientific and Technical Conference "Computer Sciences and Information Technologies" (CSIT 2018)*, Lviv, pp. 48-51, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526742. Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[19] A. Zaporozhets, V. Eremenko, R. Serhiienko, and S. Ivanov, «Methods and Hardware for Diagnosing Thermal Power Equipment Based on Smart Grid Technology», *Advances in Intelligent Systems and Computing III*, vol. 871, pp. 476-489, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_34. Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[20] V.O. Artemchuk et al. (2017), *Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects*. Kyiv, Ukraine: TOV «Nash format» (in Ukrainian).

[21] A.V. Iatsyshyn, O.O. Popov, V.O. Kovach, V.O. Artemchuk, and I.S. Zinovieva, «Automated and information decision support systems for environmental safety», *Journal of Information Technologies in*

Education, vol. 72, no. 4, pp. 286–305, 2019. [Online]. Available: https://doi.org/10.33407/itlt.v72i4.2993 Accessed on: December, 25, 2019 (in Ukrainian).

[22] I.S. Zinovieva, V.O. Artemchuk, and A.V. Iatsyshyn, «The use of open geoinformation systems in computer science education», *Journal of Information Technologies in Education*, vol. 68, no. 6, pp. 87-99, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2567 Accessed on: December, 25, 2019 (in Ukrainian).

[23] A.V. Iatsyshyn, O.O. Popov, V.O. Kovach, and V.O. Artemchuk, «The methodology of future specialists teaching in ecology using methods and means of environmental monitoring of the atmosphere's surface layer», *Journal of Information Technologies in Education*, vol. 66, no. 4, pp. 217–230, 2018. [Online]. Available: https://doi.org/10.33407/itlt.v66i4.2233. Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

[24] Anna V. Iatsyshyn, et al., «Application of augmented reality technologies for education projects preparation» in *Proceedings of the 7th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2019)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 20, 2019, CEUR Workshop Proceedings (2019, in press) (in English).

[25] Manual Control of the "3-Axis-Portal" [Online]. Available: http://goldi-labs.net/index.php?Site=37 Accessed on: December 25, 2019 (in English).

[26] Full-featured Web Simulator PORT [Online]. Available: http://www.infotec.ua/uk/node/82 Accessed on: December 25, 2019 (in Ukrainian).

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License