

**Н. В. Зачепа**, канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавської обл., 39600, Україна. E-mail: zip1981@ukr.net

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНИ ТА ПРОМИСЛОВО-НАВЧАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА-ІМІТАТОРА**

У статті запропоновано науково-методологічні основи організації процесу підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців технічних спеціальностей: лабораторного практикуму і застосування комп'ютерних тренажерів-імітаторів для відпрацювання необхідних навичок безпечного виконання технологічних операцій. З метою удосконалення навчання працівників запропоновано підхід щодо організації процесу навчання та оцінювання ефективності засвоєння інформації з дотриманням умов праці та вимог безпеки на робочих місцях під час виконання виробничих процесів. Встановлена та статистично підтверджена ефективність впровадження комп'ютерних тренажерних програм, що за функціональними можливостями тотожні реальним фізичним стендам, для проведення практичної підготовки фахівців.

**Ключові слова:** інформаційні технології, засвоєння технічної інформації, безпека праці.

**Н. В. Зачепа**, канд. техн. наук

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, Полтавской обл., 39600, Украина. E-mail: zip1981@ukr.net

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕКА И ПРОМЫШЛЕННО-УЧЕБНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА-ИМИТАТОРА**

В статье предложены научно-методические основы организации процесса подготовки, переподготовки и повышения квалификации специалистов технических специальностей: лабораторного практикума и применения компьютерных тренажеров-имитаторов для отработки необходимых навыков безопасного выполнения технологических операций. С целью совершенствования обучения работников предложен подход к организации процесса учебы и оценки эффективности усвоения информации с соблюдением условий труда и требований безопасности на рабочих местах при выполнении производственных процессов. Установлена и статистически подтверждена эффективность внедрения компьютерных тренажерных программ, по функциональным возможностям тождественных реальным физическим стендам, для проведения практической подготовки специалистов.

**Ключевые слова:** информационные технологии, усвоение технической информации, безопасность труда.

**Актуальність роботи.** Електроенергетика належить до галузей економіки, у яких особливо гостро відчуються специфічність праці та її підвищена

небезпека. Для виконання низки технологічних операцій працівники змушені перебувати в постійному контакті з працюючим електроустаткуванням, що й визначає високий рівень травматизму.

Установлено [1–3], що однією з основних причин травмування працівників є недоліки в навчанні працюючого безпечним прийомом праці. Статистика травматизму в будь-якій галузі економіки, у тому числі й в електроенергетиці [3, 4], показує необхідність удосконалення системи організаційних і технічних заходів і засобів щодо забезпечення необхідного рівня безпеки праці. Попередження травматично-небезпечних ситуацій на виробництві залежить не тільки від ступеня вдосконалення та ефективності систем керування або автоматики захисту, але й від професійної підготовки, тренуваності і досвіду персоналу. Від знань, навичок і вмінь працівника залежить ефективність, безпека та надійність виконання операцій технологічного процесу не тільки передбачених регламентом, але й в швидкоплинній позаштатній ситуації.

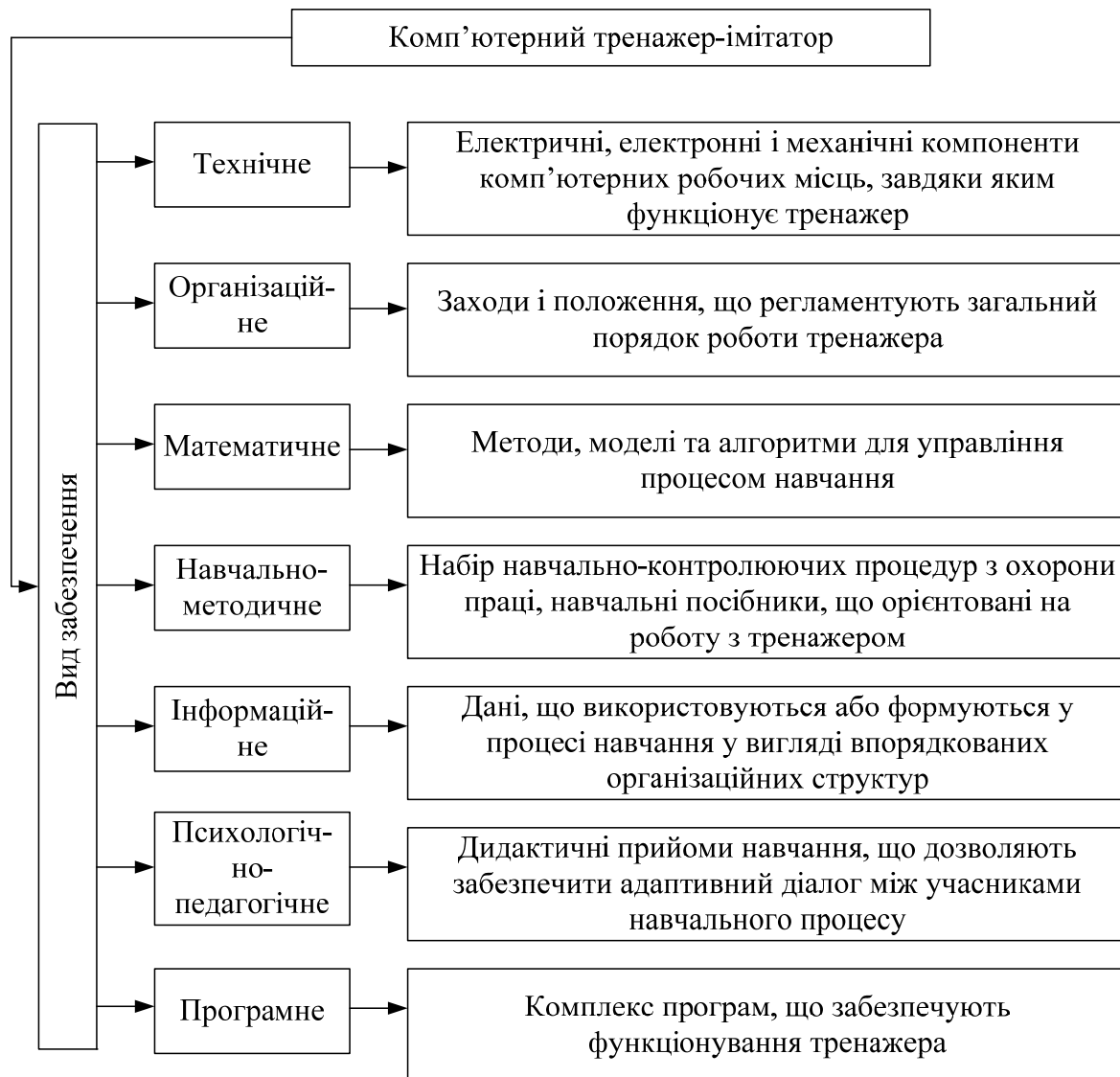
**Мета роботи** – дослідження ефективності використання інформаційно-комунікаційних і мультимедійних технологій у процесі засвоєння технічної інформації.

**Виклад основного матеріалу.** Наразі одним із ефективних напрямів зниження виробничого травматизму та підвищення ефективності процесу підготовки безпеки праці персоналу є використання автоматизованих навчальних систем (АНС). Проведені дослідження показали [5, 6], що найбільш ефективним технічним засобом відпрацювання безпечних прийомів праці є комп'ютерний тренажер-імітатор (далі – КТІ) на основі мультимедійних комп'ютерних програм, що імітує реальні умови праці (конкретні операції технологічного процесу) та реалізує фізичну і функціональну модель системи «людина–машина–виробниче середовище», її взаємодію з предметом праці та технологічним процесом.

КТІ має включати в свою структуру необхідний комплекс елементів, що забезпечують його функціонування [7]. Склад тренажера наведено на рис. 1.

КТІ дозволять вирішити основні завдання, що становлять основу системного підходу підготовки робітників з питань охорони праці (рис. 2).

В основу організації системи забезпечення безпеки життя і здоров'я працівників у процесі трудової діяльності у КТІ, що розглядається, запропоновано блоковий принцип побудови математичного забезпечення, що полягає у формуванні підпрограм як незалежних елементів, здатних взаємодіяти між собою під керуванням організуючої програми. Такий агрегатний принцип побудови дозволяє запропонувати системний підхід до забезпечення належного рівня здорових і безпечних умов праці для робітників різних професій, нарощувати математичне забезпечення, створювати бібліотеки готових елементів технологічного процесу, налаштовувати КТІ на відпрацювання різноманітних навичок (швидкість прийняття рішення в конкретній ситуації, відпрацювання чіткої послідовності дій чи операцій як у штатних, так і нештатних режимах тощо).



*Рис. 1. Склад КТІ*

При створенні КТІ використано такі принципи побудови [8]:

- принцип відповідності структури навичок, формованих за допомогою тренажера-імітатора, структурі реальних трудових навичок виконання операцій технологічного процесу, тобто повністю здійснюється моделювання професійної діяльності працюючого;

- принцип цільового тренування, за якого головною метою застосування тренажера є не придбання знань, а оволодіння навичками безпечного виконання робіт;

- принцип діяльного підходу, тобто тренажер-імітатор необхідний для підготовки працівників, яким потрібні навички реальної виробничої роботи. Розроблений КТІ дає можливість розвивати оперативне мислення, для чого тренажер-імітатор видає працівнику, який проходить навчання, відомості про характер допущених ним помилок і результати його підготовки.

КТІ, що розглядається, задовольняє вимогам, що висуваються до тренажерних програмних засобів для відпрацьовування навичок безпечного

виконання робіт [9]: надійність – відсутність збоїв і відмов як за вірних, так і за помилкових дій працівників, які навчаються; гнучкість – простота внесення змін до програми з метою її модифікації; ергономічність – зручність і простота роботи з програмою; мобільність – простота переносу тренажера-імітатора на інші персональні комп'ютери.

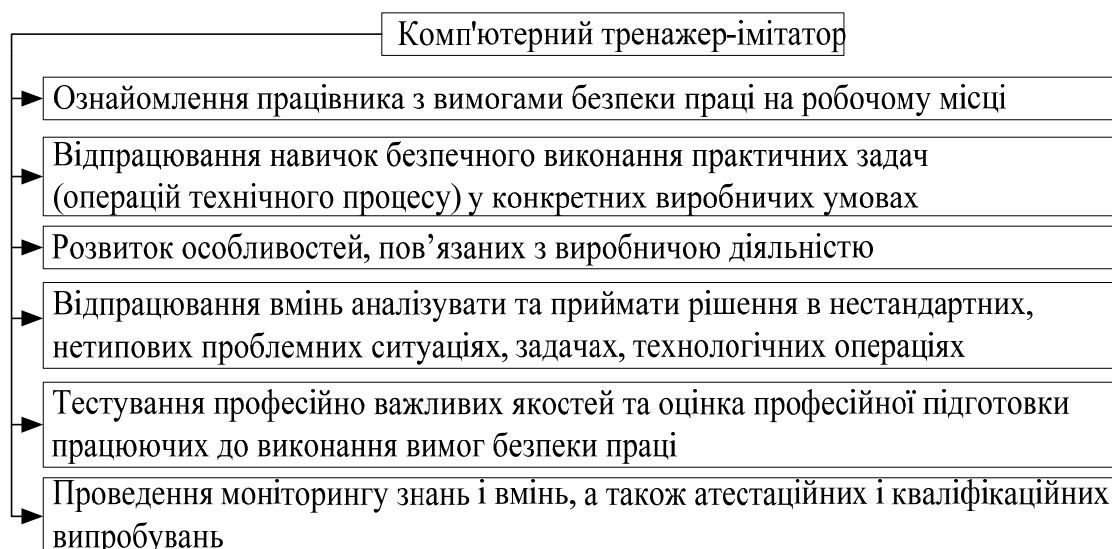
Використання КТІ для підготовки фахівців як електроенергетичної галузі, так фахівців інших галузей, дозволяє: підвищити якість підготовки працівників з питань охорони праці, знизити витрати на професійну підготовку за рахунок скорочення її строків і проведення підготовки в безпечних умовах; підвищити ступінь об'єктивності оцінки кваліфікації працівників, які проходять навчання (їхніх знань та вмінь) завдяки максимальній реалістичності поставленого завдання.

Отже, виходячи з особливостей діяльності, при підготовці працівників з безпеки праці доцільно використовувати автоматизовані КТІ як доповнення до прийнятої системи навчання безпеки праці.

У результаті проведеного аналізу було визначено завдання, що мають вирішуватися за допомогою КТІ і складати основу системного підходу підготовки до забезпечення безпечних умов праці під час виконання технологічних операцій.

Програмне забезпечення АНС для забезпечення безпечних прийомів праці включає до свого складу відповідні програмні модулі (рис. 3.).

Зазначені програмні модулі забезпечують дотримання всіх вимог, що висуваються до КТІ, та функцій (рис. 1, 2), а також передбачають повний (мережевий) варіант програмного забезпечення.



*Рис. 2. Задачі, що вирішуються за допомогою КТІ*

Для реалізації такого варіанту необхідна наявність локальної мережі. У цьому випадку передбачається зберігання всіх даних на центральному (серверному) ПК. Там же повинні знаходитися Модуль\_2 і Модуль\_3. На робочих станціях функціонують інтерактивні навчальні модулі – Модуль\_1.



**Рис. 3. Склад програмного забезпечення КТІ**

Реальна енергогенеруюча установка порівняно з КТІ має більш високу вартість, більш складну внутрішню структуру та об'ємну технічну документацію. Установки складно модернізувати, змінювати технічні характеристики та призначення. Тому для підготовки фахівців щодо відпрацювання навичок безпечного виконання робіт під час виробництва, підвищення продуктивності праці, запобігання травматизму, дослідження енергопроцесів в автономних енергогенеруючих установках (далі – АЕУ) на базі дизель-генераторних установок (далі – ДГУ) з асинхронним генератором (далі – АГ) доцільно виконувати на КТІ [10].

Агрегатний принцип побудови дозволяє забезпечити комплексний підхід до професійної підготовки працівників з питань охорони праці, нарощувати математичне забезпечення, створювати бібліотеки готових елементів технологічного процесу, налаштовувати КТІ на відпрацювання різного роду навичок (швидкість прийняття рішення в конкретній ситуації, відпрацювання чіткої послідовності дій чи операцій як у штатних, так і у аварійних режимах тощо).

Як було зазначено вище, одним із ефективних напрямів зі зниження виробничого травматизму та підвищення ефективності процесу підготовки з питань охорони праці персоналу є використання сучасних теорій та педагогічних технологій навчання, які за сучасних умов ґрунтуються на інформаційних технологіях і знаходять своє відображення, зокрема, у конкретних електронних навчальних і контролюючих програмах. До них належать різного роду тренінги, контролюючі програми, лабораторні

практикуми, тренажери, ігрові програми, наочно-орієнтовані середовища, навчальне моделювання, ділові ігри, групові семінари (тьюторіали), розбір ситуацій (кейс-стадії), психологічне тестування тощо [8]. Розробка подібних електронних ресурсів, зокрема, пропонованого в роботі КТІ, зумовлена необхідністю підготовки фахівців до повноцінної та ефективної участі в побутовій, суспільній і професійній галузях в умовах інформаційного суспільства.

Для оцінки засвоєння інформації та дослідження закономірностей взаємодії людини в процесі праці та навчання з виробничим оточенням, технологічними процесами, промисловим і начальним обладнанням були проведені експериментальні дослідження зі слухачами двох груп, спрямованих на підвищення кваліфікації за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Оцінка ефективності підготовки фахівців та набуття ними навичок безпечного виконання технологічних операцій на КТІ виконувалася з використанням моделі Дональда Кіркпатріка, яка включає чотири рівні контролю якості [9]:

- оцінка реакції учасників на навчання;
- контроль рівня отриманих знань;
- демонстрація отриманих знань і навичок на практиці;
- оцінка результатів навчання.

*Перший рівень* спрямований на оцінку задоволеності освітнім/навчальним процесом слухачів. Отримана на цьому рівні інформація має важливе значення, оскільки негативна реакція слухачів на процес навчання негативно ж позначиться на мотивації слухачів і застосуванні отриманих знань і навичок на практиці. Як правило, оцінку реакції учасників на навчання проводять анкетуванням. Анкетуванням оцінювали рейтинг курсу (актуальність і зміст курсу, застосовність отриманих знань і навичок на практиці тощо) та рейтинг викладача (компетентність викладача, доступність викладу матеріалу, комунікабельність тощо). Традиційне анкетування в системі професійної підготовки і перепідготовки персоналу використовується для оцінки якості проведених занять пост-фактум без подальшого впливу на процес навчання.

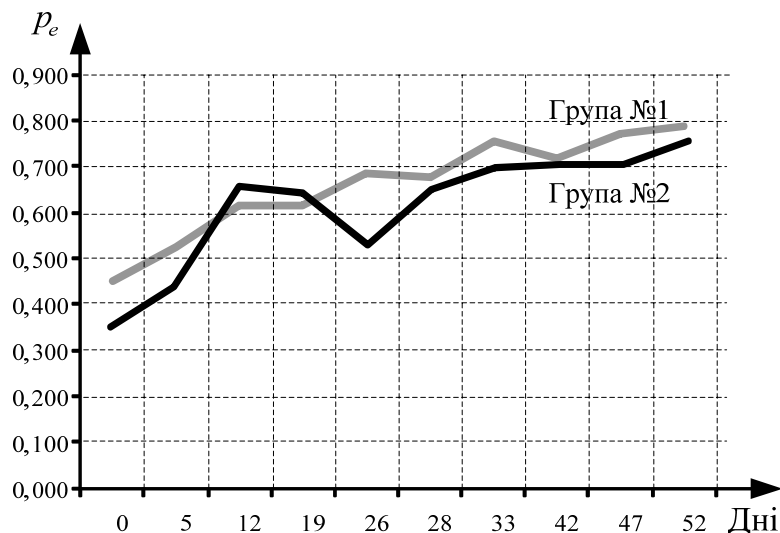
Для повторюваних короткострокових курсів використовували статистичне управління якістю процесу навчання із застосуванням контрольних карт Шухарта [6].

Процес навчання перебуває в статистично керованому стані, якщо відхилення рейтингу від прийнятної межі викликане тільки випадковими причинами. Вихід рейтингу за контрольні межі є результатом дії особливих причин, які слід виявити, виключити або послабити. На етапі втрати керованості процесу організаторам навчання необхідно було б відвідати одне із занять у ролі супервізора, проаналізувати програму навчання на предмет її актуальності та з'ясувати, чи не входять у конфлікт час проведення занять з робочими обов'язками і можливостями слухачів. Аналіз проведених досліджень виявив такі невідповідні причини: надмірна кількість годин

викладачем відводилася на теоретичну підготовку, тоді як слухачі ставили за мету відпрацювати практичні навички; починаючи з восьмого заняття проводилися без відриву від виробництва – після роботи і через втому, засвоєння матеріалу слухачами було ускладнене. Після корекції програми курсу, а саме, уведення АНС у вигляді КТІ та організації проведення занять проблеми були успішно вирішені, що сприяло підвищенню зацікавленості до навчального курсу та якості засвоєння інформації в процесі навчання.

*Другий рівень* присвячено вимірюванню отриманих в процесі навчання знань. За результатами навчання слухачів контролювали знання із застосуванням експрес-діагностики у формі тестування. Використовували тестові завдання із закритою і відкритою формою відповіді. Завдання із закритою формою відповіді (відповідь міститься в завданні і розпізнається слухачем) використовували для контролю знань до і після навчання [11].

Результати такого тестування (рис. 4) показують, наскільки змінилися знання і компетенції слухачів за весь термін підготовки (наприклад, двомісячні курси підвищення кваліфікації або 52 навчальних дні).



**Рис. 4. Середні значення успішності слухачів груп №1 і №2 за даними тестування**

Тестування дозволило достовірно та оперативно оцінити рівень підготовленості і за необхідності скоригувати програми навчання з урахуванням спроможності та зацікавленості слухачів до сприйняття інформації та пропусків у знаннях.

Метою *третього рівня* є оцінка ступеня застосування отриманих знань і навичок у практичній діяльності. Якісне застосування результатів навчання на практиці можна оцінити за допомогою оцінки результатів виконання практичних і лабораторних робіт, випускних робіт фахівців, тематика яких безпосередньо пов'язана з вирішенням проблем конкретного підрозділу підприємства, що є місцем роботи слухача. Захист роботи чи складання іспиту перед комісією, до якої входять керівники фахівця, дозволяє оцінити ступінь засвоєння матеріалу та наскільки відпрацьовані практичні навички.

Для вищевказаних груп слухачів був проведений експеримент, метою якого було порівняння ефективності набуття практичних навичок виконання технологічних операцій шляхом виконання лабораторного практикуму на фізичних лабораторних стендах і КТІ, тотожних реальним фізичним стендам.

Слухачі відпрацювали чотири лабораторних роботи таким чином: група № 1 відпрацювала лабораторні роботи на фізичному стенді, група № 2 – на КТІ. При захисті лабораторної роботи слухачам був запропонований тест із 10 завдань, до якого входили питання з теорії процесів у досліджуваних системах та електричних колах, а також виконання лабораторної роботи. Результати відповідей, а саме кількість правильних відповідей слухачами, наведено у табл. 1, 2.

Таблиця 1

*Підсумки відповідей слухачів групи № 1 за результатами лабораторного практикуму на фізичному стенді*

П.І.Б.	Лабораторна робота			
	1	2	3	4
С 1	4	3	3	2
С 2	4	2	6	6
С 3	8	6	7	4
С 4	4	4	2	3
С 5	6	7	4	5
С 6	6	6	6	4
С 7	5	7	6	2
<b>Середнє</b>	<b>5,9</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>	<b>3,3</b>

Таблиця 2

*Підсумки відповідей слухачів групи № 2 за результатами лабораторного практикуму на КТІ*

П.І.Б.	Лабораторна робота			
	1	2	3	4
С 8	8	4	5	6
С 9	6	5	6	7
С 10	7	6	5	8
С 11	1	4	7	9
С 12	9	6	5	5
С 13	9	3	6	8
С 14	4	4	6	7
<b>Середнє</b>	<b>6,3</b>	<b>5,0</b>	<b>5,7</b>	<b>7,1</b>



Підсумки відповідей слухачів при захисті лабораторних робіт у хронологічному порядку показано на рис. 5.

Аналіз кривих показує, що існує чітка тенденція до погіршення результатів тестування у першій групі, і покращення результатів тестування у другій групі.

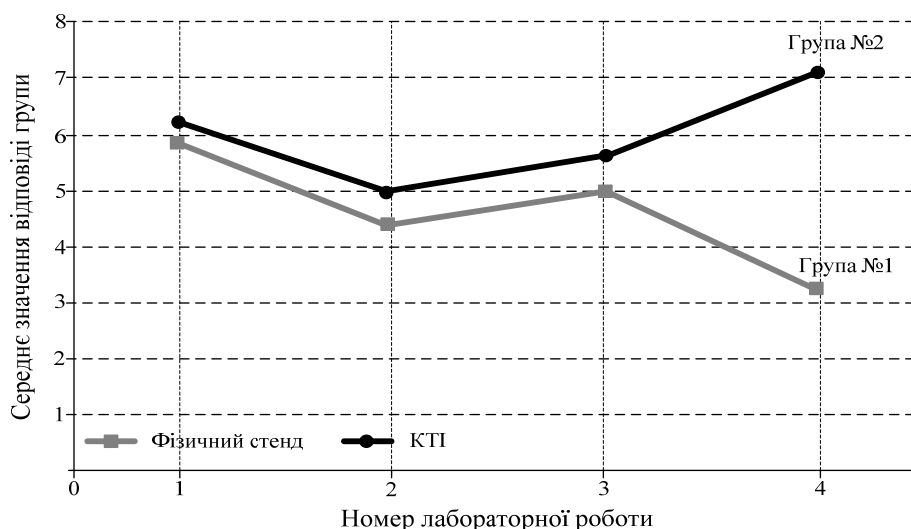


Рис. 5. Розподіл відповідей при тестуванні груп слухачів

Середнє значення різниці відповідей між групами для перших трьох робіт досить незначна, і тільки для четвертої роботи стрімко зростає (табл. 3, рис. 6). Тому для перевірки якості отриманих результатів проведено їх статистичну оцінку.

Таблиця 3

Середнє значення відповідей по групах слухачів

	Лабораторна робота			
	1	2	3	4
Група № 1	5,9	4,5	5,0	3,3
Група № 2	6,3	5,0	5,7	7,1
<b>Різниця</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>3,8</b>

Середнє значення розрахуємо як  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ , де  $x$  – значення відповідей за табл. 1, 2. Незміщена оцінка дисперсії [2]:

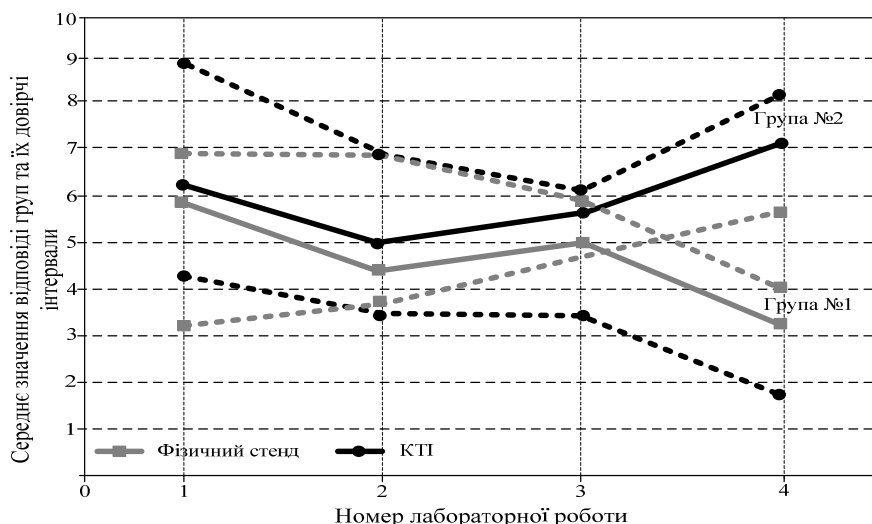
$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1)$$

Межі довірчих інтервалів

$$\bar{x} - \frac{t_{1-\alpha/2} \tilde{\sigma}}{\sqrt{n}} < \bar{x} < \bar{x} + \frac{t_{1-\alpha/2} \tilde{\sigma}}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

де  $1 - \alpha/2$  – квантиль розподілу Стюдента. Приймаючи коефіцієнт імовірності  $\alpha = 0,05$ , знаходимо для першої групи з дев'ятьма ступенями свободи,  $t_{1-\alpha/2} = 2,262$ ; для другої групи – із шістьма ступенями свободи,  $t_{1-\alpha/2} = 2,447$ .

З урахуванням довірчих інтервалів, будемо розподіл відповідей слухачів (рис. 6).



**Рис. 6. Розподіл відповідей та їх довірчі інтервали при тестуванні груп слухачів**

Як видно з рисунку, використання КТІ збільшує відсоток засвоєння навчальної інформації, що спостерігається як кумулятивний ефект після третьої лабораторної роботи – стрімке зростання кількості вірних відповідей у групі, яка виконувала лабораторний практикум на КТІ. Отже, можна стверджувати, що на цьому етапі відбувається засвоєння теоретичних положень і слухачі починають свідомо виконувати завдання лабораторного практикуму, а не суто за програмою методичних указівок.

Оцінити застосування отриманих при навчанні знань з практики можна й у формі коучинга, коли при прямому спостереженні за працівником на робочому місці викладач або відповідна особа, наприклад, енергетик цеху чи керівник відділу безпеки праці, інспектує та надає рекомендації щодо ліквідації пропусків у засвоєнні матеріалу.

Останній, *четвертий рівень* дає можливість виявити зміни в економічних показниках підрозділу або підприємства в результаті навчання. Розрахувати економічну ефективність навчання дуже складно, оскільки на ці показники впливає значна кількість чинників, ізолювати які практично неможливо. Тому оцінка ефективності на останньому рівні проводиться надзвичайно рідко. Однак у роботі для інтегрованої оцінки якості навчання та засвоєння інформації запропоновано критерій набуття навичок виконання технологічних операцій:

$$K_{nn} = 1 - \overline{x_n}, \quad (3)$$

де  $K_{nn}$  – коефіцієнт набуття навичок виконання технологічних операцій;

$$\bar{x}_n = \frac{1}{K} \sum_{n=1}^K x_n^* - \text{середнє значення помилкових чи надлишкових дій персоналу}$$

при відпрацюванні певного алгоритму технологічного циклу;

$K$  – мінімально-допустима кількість операцій для виконання певного алгоритму технологічного циклу;

$x_n, x_n^* = x_n / K$  – відповідно фактична та нормована кількість операцій, виконаних працівником при відпрацюванні певного алгоритму технологічного циклу.

Отже для оцінки ефективності застосування КТІ як доповнення до прийнятої системи навчання питань з охорони праці та відпрацювання навичок безпечного виконання технологічних операцій було проведено експеримент. Для трьох груп студентів четвертого курсу денної форми навчання з дисципліни «Системи керування електроприводами» лабораторний практикум із 10 робіт було проведено таким чином: група № 1 – виконувала практикум на фізичному стенді; група № 2 – на КТІ, а група № 3 – підготовку виконувала на КТІ, а результати зараховувалися при практикумі на фізичному стенді.

У табл. 4 наведено дані про середню кількість надлишкових операцій, виконаних студентами при виконанні лабораторного практикуму.

Таблиця 4

*Середня кількість надлишкових операцій, виконаних, студентами при виконанні лабораторного практикуму*

Група	Лабораторна робота									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1	10	12	13	9	10	9	9	8	9	7
№ 2	10	10	9	10	8	8	6	7	6	6
№ 3	6	4	4	6	4	3	4	3	3	2

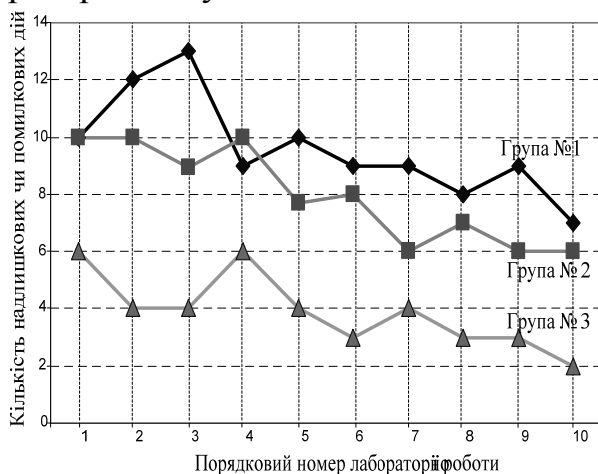
За результатами табл. 4 побудовано графіки (рис. 7) динаміки зменшення кількості надлишкових операцій, що здійснюють студенти при виконанні лабораторного практикуму. У табл. 5 наведено розрахункові дані щодо визначення коефіцієнта  $K_{mn}$  набуття навичок виконання технологічних операцій.

Таблиця 5

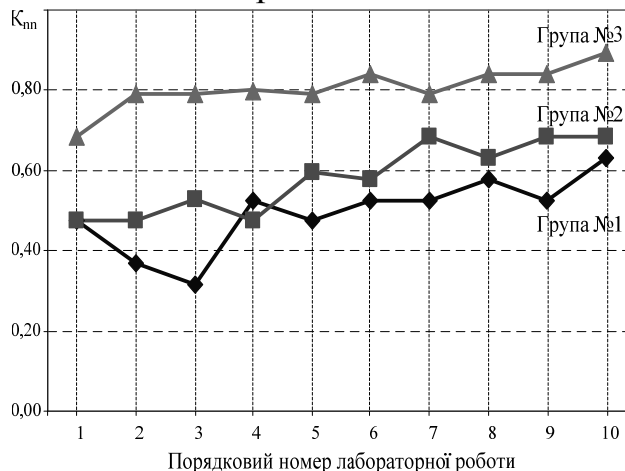
*Значення коефіцієнта  $K_{mn}$*

Група	Лабораторна робота									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ 1	0,47	0,37	0,32	0,53	0,47	0,53	0,53	0,58	0,53	0,63
№ 2	0,47	0,47	0,53	0,47	0,60	0,58	0,68	0,63	0,68	0,68
№ 3	0,68	0,79	0,78	0,79	0,82	0,8	0,84	0,84	0,86	0,89

За результатами табл. 7 побудовано графіки (рис. 8) зміни коефіцієнта  $K_{mn}$ , що характеризує ступінь ефективності застосування КТІ як інтегрованої оцінки критерію набуття навичок виконання технологічних операцій.



**Рис. 7. Середня кількість надлишкових операцій, виконаних студентами за групами**



**Рис. 8. Середні значення коефіцієнта  $K_{mn}$  за групами**

Отже за результатами проведеного експерименту встановлено, що середнє значення коефіцієнта набуття навичок виконання технологічних операцій  $K_{mn\_cp}$  становить:

- група № 1 – 0,49;
- група № 2 – 0,58;
- група № 3 – 0,809.

Отримані результати значення коефіцієнта  $K_{mn}$  як інтегрованої оцінки критерію (3) набуття навичок виконання технологічних операцій повністю корелюється з результатами, отриманими на кожному з етапів оцінки за моделлю Дональда Кіркпатріка: рівні 1, 2 – рис. 3, рівень 3 – рис. 4, рівень 4 – рис. 7.

Для підтвердження адекватності та автоматизації розрахунку критерію набуття навичок безпечного виконання технологічних операцій було зібрано дані респондентів для отримання узагальненої моделі. У такій постановці задача зводиться до застосування методів апроксимації [12, 13]. Одним із ефективних методів побудови середнього квадратичного наближення є метод найменших квадратів [14, 15].

На рис. 9 наведено динаміку зміни коефіцієнта  $K_{mn}$  залежно від хронологічного виконання лабораторного практикуму за середнім значенням коефіцієнта у відповідній групі й даними кращого студента цієї групи.

Як видно з рис. 8 і даних кожного із респондентів експерименту, у тому числі кращого студента групи, середні значення коефіцієнта  $K_{mn}$  (дані табл. 5) з достатньою точністю відображають динаміку його зміни залежно від хронології виконання лабораторного практикуму.

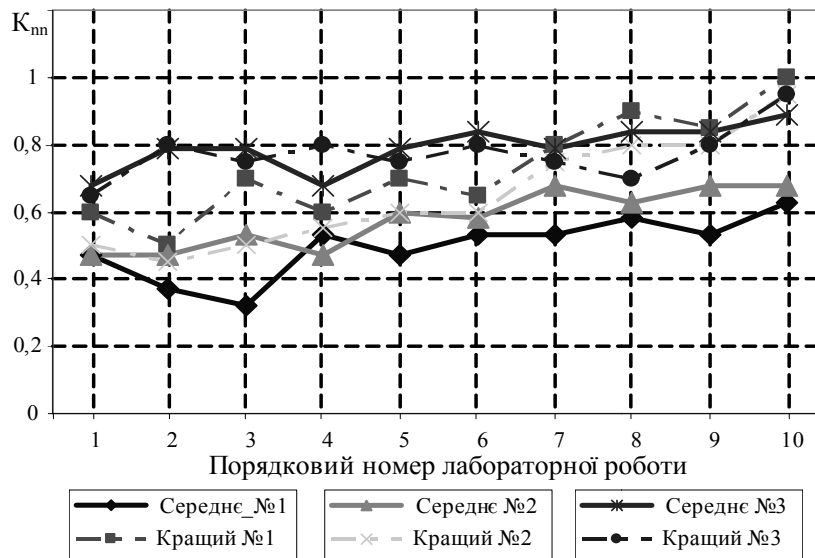


Рис. 9. Динаміка зміни коефіцієнта  $K_{nn}$  за його середнім значенням у групі та даними кращого студента цієї групи

Тому для синтезу регресійної моделі в подальшому використано лише результати табл. 6. У результаті досліджень низки моделей  $K_{nn} = f(\bar{x}_n)$  залежно від середнього значення коефіцієнта  $K_{nn}$  для кожної лабораторної роботи та їх кількості для групи № 3 отримано раціональну функцію моделі апроксимації:

$$K_{nn} = a(\bar{x}_n)^b, \quad (4)$$

де  $a = 0,68189432$ ;

$b = 0,10084136$  – значення коефіцієнтів регресійного рівняння.

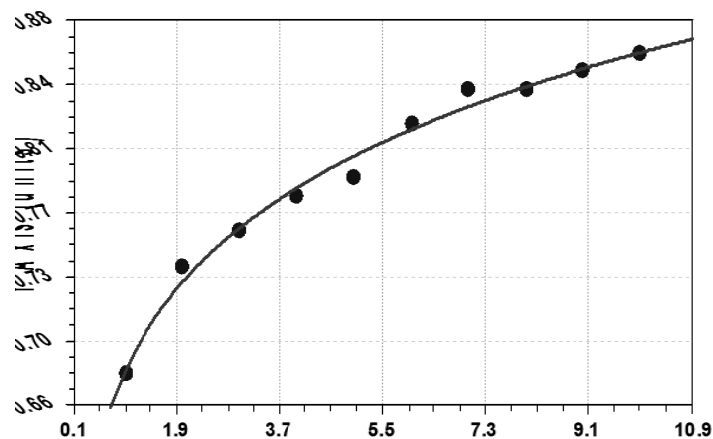


Рис. 9. Крива залежності раціональної функції моделі апроксимації  $K_{nn}$

Адекватність моделей перевірена за коефіцієнтом детермінації  $R^2$ :

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (K_{nn\_i} - K_{nn\_cp})^2}{\sum_{i=1}^N (K_{nn\_i}^* - K_{nn\_cp})^2}. \quad (5)$$

і становить  $R^2=0,9939$ . Крім того, отримана раціональна функція моделі

апроксимації проходить через найбільшу кількість характеристичних точок (рис. 9) і має найменшу кількість коефіцієнтів регресійного рівняння.

Отже оцінка ефективності навчання є надійним інструментом контролю результативності підготовки і перепідготовки фахівців, дозволяє реалізувати стратегію забезпечення і підтримки високої якості процесу навчання, підвищуючи тим самим як кваліфікацію працівників, так і їх готовність до дотримання умов праці й вимог безпеки на робочих місцях під час виконання трудових і виробничих процесів. Окрім того, встановлена й статистично підтверджена ефективність проведення практичної підготовки на КТІ тотожних реальним фізичним стендам [6].

При підготовці, перепідготовці та підвищенні кваліфікації фахівців доцільно використовувати автоматизовані комп'ютерні тренажери-імітатори як доповнення до прийнятої системи навчання питань з охорони праці та відпрацювання навичок безпечного виконання технологічних операцій.

### **Висновки**

На основі сформульованих загальнотехнічних вимог, що висуваються до тренажерних програмних засобів, їх задач і функцій, для відпрацювання навичок безпечної технічної експлуатації електроустановок споживачів розроблена базова тренінг-програма на прикладі КТІ автономної енергогенеруючої установки.

Ефективність упровадження комп'ютерних тренажерів-імітаторів при проведенні практичної підготовки фахівців із засвоєння навчально-практичної інформації дозволяє реалізувати стратегію забезпечення і підтримки високої якості процесу навчання, тим самим підвищуючи як кваліфікацію працівника, так і умови праці на робочому місці, *безпеку* технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва. Впровадження до прийнятої системи навчання з питань охорони праці, КТІ дозволяє не менше ніж на 30 % підвищити якісну характеристику відпрацювання навичок безпечного виконання технологічних операцій.

### **Список літератури**

1. Гайдаєв Ю. М., Коваленко В. М., Корнацький В. М. Стан здоров'я населення України та забезпечення надання медичної допомоги (аналітично-статистичний посібник). Київ, 2007. С. 17.

2. ДНАОП 0 03–8.03–97 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

3. Бірдус Л. В. Негативний вплив електромагнітного випромінювання на здоров'я та працездатність людини. *Концептуальні засади формування менеджменту в Україні: матеріали V науково-практичної конференції* (м. Київ, 17 грудня 2013 р.). Київ, 2013. С. 34–37.

4. Матоушек З., Якуб Й., Гикел А. Измерение паразитного излучения электрических приборов и оборудования. *Вестник НТУ «ХПИ»*. 2008. Вип. 27. С. 50–55.

5. Zacheпа N., Susik D., Zacheпа Iu. Measuring indicators of energy processes in the asynchronous generator on the basis of the virtual model in the LABVIEW software. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал*. Кременчук, 2017. Вип. 2 (38). С. 26–32.

6. Зачепа Н. В., Сукач С. В. Комп'ютерний тренажер-імітатор по відпрацюванню навичок безпечного виконання технологічних операцій працівниками електроенергетичної галузі. *Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика (SLA–2017)*: збірка матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Херсон, 14–16 серпня 2017 р.). Херсон : ХДМА, 2017. С. 134–137.

7. Зачепа Н. В., Чорний О. П., Зачепа Ю. В., Сукач С. В., Сергієнко С. А. Оцінка ефективності процесу навчання та підвищення рівня безпеки при виконанні технологічних операцій. *Системи управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць*. Полтава, 2017. Вип. 5 (45). С. 128–132.

8. Ефремова О. С. Обучение и инструктирование работников по охране труда. Москва : Альфа–Пресс, 2004. 128 с.

9. Чернов Е. Д. Проектирование высоконадежных систем безопасности производственных процессов. Новосибирск, 1995. 382 с.

10. Зачепа Н. В., Зачепа Ю. В., Сергієнко С. А. Віртуальний дослідницький комплекс «Автономне джерело живлення з асинхронним генератором». *Електромеханічні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал*. Кременчук, 2015. Вип. 4 (32). С. 10–17.

11. Сивякова Г. А., Черный А. П. Дистанционное тестирование в вузах – за и против. *Вестник Карагандинского государственного индустриального университета*. Темиртау : КГИУ, 2017. Вып. 1 (17). С. 132–139.

12. Broersen, P.M.T. Automatic Autocorrelation and Spectral Analysis. L. : Springer-Verlag, 2006. 300 p.

13. Weiss, N. A. Elementary Statistics. Adisson-Wesley, 2011. 774 p. 8th Edition.

14. Дубовиков А. В. Вероятностно-статистические модели. Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2006. 164 с.

15. Cox, D. R., Donnelly, C. A. Principles of Applied Statistics. Cambridge University Press, 2011. 202 p.

N. V. Zachepa, PhD

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: zip1981@ukr.net

## INVESTIGATION OF THE LAWS OF HUMAN INTERACTION AND INDUSTRIAL AND EDUCATIONAL EQUIPMENT WITH THE USE OF COMPUTER SIMULATION SIMULATORS

**Purpose.** The article proposes the scientific basis for the organization of the process of training, retraining and advanced training of specialists of technical specialties: laboratory workshop and the use of computer simulators to obtain the necessary skills for safe execution of technological operations. **Originality.** The actual task of assessing the quality of the training process in the training of specialists of technical specialties is solved in order to develop the scientific basis for the organization of the preparation process, retraining and advanced training of specialists in technical specialties: laboratory workshop and the use of computer simulators to obtain the necessary skills for the safe execution of technological operations. **Methodology.** An approach to assessing the effectiveness of information acquisition was developed, which allows the formation, development and improvement of employee training, thereby increasing both their qualifications and the readiness to observe working conditions and safety requirements in the workplace during the implementation of production processes. **Results.** With the aim of forming, developing and improving the training of employees, an approach is developed to assess the effectiveness of the assimilation of information, which allows increasing both their qualifications and readiness to comply with working conditions and safety requirements at workplaces while performing production processes to form, establish, and statistically confirm the effectiveness of practical training at CTI identical to real physical stands.

**Keywords:** information technologies, assimilation of technical information, labor safety.

### REFERENCES

1. Gaidayev, Yu. M., Kovalenko, V. M., Kornatskyi, V. M. (2007). Stan zdorovya naselennya Ukrayiny ta zabezpechennya nadannya medychnoyi dopomohy (analychno-statystychnyi posibnyk) [The state of health of the population of Ukraine and the provision of medical care (analytical and statistical tool)]. Kyiv [in Ukrainian].
2. DNAOP 0 03-8.03-97 Hihiyenichna klasyfikatsiya pratsi za pokaznykamy shkidlyvosti ta ebezpechnosti faktoriv vyrobnychoho seredovyshcha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovoho protsesu [Hygienic classification of labor on the indicators of harmfulness and danger factors of the production environment, the severity and intensity of the labor process] [in Ukrainian].
3. Birdus, L. V. (2013). «Negative influence of electromagnetic radiation on human health and efficiency», *Conceptual principles of the formation of management*



in Ukraine, materials of the V scientific and practical conference (Kyiv, December 17, 2013). Kyiv (pp. 34–37) [in Ukrainian].

4. Matushek, Z., Yakub, Y., Gikel, A. (2008). Measurement of parasitic radiation of electric devices and equipment. *Bulletin of the NTU "KhPI"*, 27, 50–55 [in Russian].

5. Zachepa, N. Susik, D., Zachepa, Iu. (2017). Measuring indicators of energy processes in the asynchronous generator on the basis of the virtual model in the LABVIEW software. *Elektromekhanichni i enerhozberihayuchi systemy: shchokvartalnyi naukovo-vyrobnychy zhurnal, Kremenchuk*, 2, 38, 26–32 [in Ukrainian].

6. Zachepa, N. V. & Sukach, S. V. (2017). Computer simulator simulator on working out of skills of safe execution of technological operations by employees of the electric power industry. *Bezpeka zhyttyediyalnosti na transporti i vyrobnytstvi – osvita, nauka, praktyka (SLA–2017): zbirka materialiv IV Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* (Kherson, August 14–16, 2017). Kherson : KhDMA [in Ukrainian].

7. Zachepa, N. V., Chorny, O. P., Zachepa, Iu. V., Sukach, S. V., Serhienko, S. A. (2017). Evaluation of the effectiveness of the training process and raising the level of safety at carrying out of technological operations. *Control systems, navigation and communications: a collection of scientific works*. Poltava, 5 (45), 128–132 [in Ukrainian].

8. Efremova, O. S. (2004). Obucheniye i instruktirovaniye rabotnikov po okhrane truda [Training and instructing workers on labor protection]. Moscow : Alfa-Press [in Russian].

9. Chernov, E. D. (1995). Proyektirovaniye vysokonadezhnykh sistem bezopasnosti proizvodstvennykh protsessov [Designing highly reliable production process safety systems], Novosibirsk [in Russian].

10. Zachepa, N. V., Zachepa, Iu. V., Serhiyenko, S. A. (2015). Virtual Research Complex «Autonomous Power Supply with Asynchronous Generator». *Elektromekhanichni i enerhozberihayuchi systemy: shchokvartalnyi naukovo-vyrobnychy zhurnal*, 4, 10–17 [in Ukrainian].

11. Sivyakova, G. A., Chernyi, A. P. (2017). Remote testing in high schools - for and against. *Bulletin of the Karaganda State Industrial University*, Temirtau : KSIU, 1, 17, 132–139 [in Russian].

12. Broersen, P. M. T. (2006). Automatic Autocorrelation and Spectral Analysis. Springer-Verlag.

13. Weiss, N. A. (2011). Elementary Statistics. Adisson-Wesley, 8th Edition.

14. Dubovikov, A. V. (2006). Probabilistic-statistical models. Ryazan: Ryazan. state. radio engineering. universitet.

15. Cox, D. R., Donnelly, C. A. (2011). Principles of Applied Statistics. Cambridge University Press.

Дата подання статті до збірника – 16.07.2018  
Рецензент – д-р техн. наук, професор Чорний О. П.