

УДК 378.141

Сергієнко С. А., Чорний О. П.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ПРАКТИЧНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Показано, що ефективне формування компетентного фахівця може бути здійснене шляхом формування нових підходів до професійно-практичної складової підготовки – лабораторного практикуму. Розглянута альтернатива проведення лабораторного практикуму для студентів технічних спеціальностей навчальних закладів на основі віртуальних лабораторних комплексів, ідентичних реальним фізичним стендам. Сформульовано основні вимоги до віртуальних комплексів і запропоновано в якості платформи для їх створення середовище графічного програмування LabVIEW. Проведено експеримент по оцінці впливу віртуального комплексу на процес практичної підготовки студентів. На підставі статистичної обробки даних доведена ефективність використання віртуальних лабораторних комплексів при підготовці фахівців. Представлений метод аналізу та оцінки його ефективності процесу виконання студентами лабораторних робіт на основі метрик відстані. З використанням метрик Ейлера, Хеммінга і Чебишева розроблені критерії оцінювання ефективності виконання студентом роботи. Проаналізовано вплив окремих метрик на сумарний критерій оцінювання. Отримані результати дозволяють кількісно оцінити процес виконання роботи від «погано» до «дуже добре».

Ключові слова: формування компетенцій, лабораторний практикум, віртуальний лабораторний комплекс, критерії оцінювання, ефективність виконання.

Сергиенко С. А., Черный А. П.

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, Кременчуг

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО- ПРАКТИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Показано, что эффективное формирование компетентного специалиста может быть осуществлено путем формирования новых подходов к профессионально-практической составляющей подготовки – лабораторному практикуму. Рассмотрена альтернатива проведения лабораторного практикума для студентов технических специальностей учебных заведений на основе виртуальных лабораторных комплексов, идентичных реальным физическим стендам. Сформулированы основные требования к виртуальным комплексам и предложено в качестве платформы для их создания среду графического программирования LabVIEW. Проведен эксперимент по оценке влияния виртуальных комплексов на процесс практической подготовки студентов. На основании статистической обработки данных доказана эффективность использования виртуальных лабораторных комплексов при подготовке специалистов. Представлен метод анализа процесса и оценки эффективности выполнения студентами лабораторных работ на основе метрик расстояния. С использованием метрик Ейлера, Хемминга и Чебышева разработаны критерии оценивания эффективности выполнения студентом работы. Проанализировано влияние отдельных метрик на суммарный критерий оценивания. Полученные результаты позволяют количественно оценить процесс выполнения работы от «плохо» до «очень хорошо».

Ключевые слова: формирование компетенций, лабораторный практикум, виртуальный лабораторный комплекс, критерии оценки, эффективность выполнения.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одним із шляхів забезпечення Національної доктрини розвитку освіти в Україні у XXI столітті є перенесення уваги із процесу навчання на його результат, орієнтація змісту й організація навчання на компетентнісний підхід і пошук ефективних технологій його впровадження [1]. Аналіз публікацій показує значну зацікавленість наукової та освітянської громади з цього питання та дозволяє стверджувати, що компетентнісний підхід на сьогодні є ключовим у контексті модернізації вищої освіти в Україні. Це зумовлено:

– переходом світової спільноти до інформаційного суспільства, де пріоритетним вважається не просте накопичення студентами знань та предметних умінь і навичок (мета так званої «знаннєвої педагогіки»), а й формування уміння вчитися, оволодіння навичками пошуку інформації, здатності до самонавчання упродовж життя, де ці новоутворення стають визначальною сферою професійної діяльності людини [2];

– особливою актуалізацією глобалізації усіх сфер життєдіяльності особистості і суспільства в умовах загально цивілізаційних тенденцій сучасного світу, що вимагає від вищої школи надати молодій людині елементарні можливості інтегруватися в різні соціуми, самовизначатися в житті, активно діяти, бути конкурентоспроможною на світовому ринку праці [3].

З огляду на це, основною метою вищої освіти є підготовка кваліфікованого фахівця відповідного рівня та профілю, конкурентоздатного на ринку праці, компетентного, який вільно володіє професією та орієнтується в суміжних галузях діяльності, готового до постійного професійного росту, соціальної та професійної мобільності.

В основу *компетентнісного підходу* до визначення сутності вищої освіти покладено прагнення до реалізації двох основних завдань:

1) освіта повинна формувати у студентів якості, необхідні для реалізації професійної діяльності, тобто має формувати якості, які необхідні роботодавцю;

2) критерії та параметри оцінки результатів сучасної освіти повинні бути уніфіковані і виражатися у термінах і результатах, які можуть бути інтерпретовані та враховані в будь-якому освітньому закладі будь-якої країни.

Вважають, що компетентнісний підхід у вищій освіті на сьогодні став найпоширенішим в силу прикладного характеру, максимальної прагматичності. Формулювання результатів освіти у формі компетенцій, здібностей випускників виконувати ті чи інші обов'язки дозволяє відповідати сучасній тенденції вищої освіти — *формування фахівця, здатного швидко адаптуватись до умов праці, що змінюються навіть у рамках професії*. [4].

Виділяють наступні види компетентності: функціональна (професійна) компетентність (характеризується професійними знаннями та умінням їх реалізовувати); інтелектуальна компетентність (виражається у здатності до аналітичного мислення і здійснення комплексного підходу до виконання своїх обов'язків); ситуативна компетентність (означає уміння діяти відповідно до ситуації); часова компетентність (відображає уміння раціонально планувати і використовувати робочий час); соціальна компетентність (передбачає наявність комунікаційних і інтеграційних здібностей, уміння підтримувати відносини, впливати, домагатися свого, правильно сприймати та інтерпретувати чужі думки, висловлювати до них відношення, вести бесіди і т.д.).

Різні автори по-різному підходять до визначення поняття «компетенція» [5]:

1. З точки зору навчального процесу.

У навчальному процесі компетенція – це передусім результати навчання: під час вивчення модуля той, хто навчається, засвоїв конкретну компетенцію – конкретні знання, вміння; набув досвіду (професійних якостей) і продемонстрував під час цього наполегливість, самостійність, відповідальність (особистісні якості).

Окрім цього. в навчальному процесі компетенція є інтегрованим результатом навчання (інтеграція теорії і практики, інтеграція методів навчання і педагогічних технологій, інтеграція навчальних дисциплін, інтеграція роботодавця і навчального закладу та ін.).

2. З точки зору професійної діяльності.

Роботодавцю потрібні фахівці, які здатні розв'язувати конкретні виробничі проблеми і те, що буде використовувати фахівець під час цього (знання, вміння, досвід та ін.), для роботодавця неважливо, як здійснюється процес розв'язання проблеми, а конкретний результат цього процесу. З точки зору досягнення конкурентного результату важлива не здатність використовувати знання, уміння і досвід, а рівень готовності до виконання посадових обов'язків (основних функцій). Рівень готовності визначається системою знань, умінь, досвіду, відповідальності, самостійності, наполегливості, сукупності професійних і особистісних якостей фахівця.

Таким чином, в основі професійної компетентності полягає професійна придатність, що являє собою сукупність психічних і психофізіологічних особливостей людини, необхідних для здійснення ефективної професійної діяльності.

Відповідно до кваліфікаційних вимог та професійних компетенцій фахівців технічних галузей знань стає ясным, що їх діяльність вельми різнопланова та вимагає різноманітних і глибоких знань законів природи й закономірностей розвитку ряду суміжних галузей прикладної науки і техніки, умінь і навичок для того, щоб виконувати та супроводжувати конкурентоспроможні розробки технічних пристроїв, систем, комплексів, технологій. Інженери покликані планувати і здійснювати всі етапи життєвого циклу зразків нової техніки, починаючи з виявлення суспільних потреб, продовжуючи проектуванням, виробництвом, експлуатацією і закінчуючи зняттям із виробництва та утилізацією [6]. У результаті їм доводиться постійно розв'язувати багатофакторні і багатокритеріальні завдання прийняття та реалізації проектних і управлінських рішень з неповною і не завжди достовірною вхідною інформацією.

Тому під час розробки нових навчальних планів особлива увага має приділятися посиленню професійно-практичної складової підготовки фахівця. Як правило, визначальним чинником для формування професійних умінь і навичок є лабораторний практикум з застосуванням реального устаткування.

Практичне забезпечення та реалізація лабораторного практикуму за традиційними підходами з використанням лабораторних стендів та установок (у тому числі й експериментальних), потребує значних матеріальних витрат навчального закладу. Це пов'язано не тільки зі створенням окремих зразків сучасного лабораторного обладнання, а також із необхідністю його обслуговування та постійної модернізації (ураховуючи моральне старіння та ремонт).

Витрати на організацію і проведення лабораторних практикумів можуть складати до 80 % усіх витрат на підготовку фахівців у галузі техніки і технологій [6]. Але, головне, що традиційні навчальні лабораторії не виконують своєї основної функції, яка полягає у тому, щоб навчити студентів постановки, проведення та обробки результатів інженерних експериментів. Замість цього, зазвичай, студентам пропонується виконати задану послідовність дій: увімкнення і відключення джерел живлення, записів показань вимірювальних приладів тощо. Крім того, звичайні навчальні лабораторії мають обмежені можливості для проведення експериментальних досліджень, наприклад, дослідження та аналізу перед аварійних і аварійних режимів, неприпустимих у реальних умовах.

Окрім того традиційне лабораторне обладнання фактично не дає уявлення про хід виконання студентом лабораторного практикуму і зводиться до факту «виконав/не виконав». При цьому студент може виконувати певні послідовності дій неодноразово з різним ступенем їх правильності.

Ще одним важливим чинником є те, що відповідно до нових освітніх стандартів значна

частина роботи з освоєння навчального матеріалу переноситься на позааудиторну, самостійну роботу студента. При цьому зміст та обсяг програм із технічних навчальних дисциплін практично не зазнають істотних змін. Невідповідність між обсягом знань, які повинен засвоїти студент, і часом, який відводиться на цю роботу змушує викладачів шукати нові методи роботи, які дозволили б уникнути зниження якості підготовки фахівців.

Вирішення такого багатопланового питання можливе через створення та запровадження у лабораторні практикуми віртуальних лабораторних комплексів (ВЛК) [7, 8].

Мета роботи: Оцінка ефективності впровадження до навчального процесу комп'ютеризованих засобів професійно-практичної підготовки для формування професійних компетенцій фахівців інженерних спеціальностей.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Реалізація віртуальних навчальних лабораторій заснована на різних домінантах, ідеологіях, технологіях, призначених для розв'язання різних навчальних завдань, вони (лабораторії) можуть використовуватися не тільки в лабораторному практикумі, але і в курсовому та дипломному проектуванні, у науково-дослідних роботах студентів і навіть у наукових дослідженнях.

Серед сучасних підходів щодо побудови ВЛК найбільш розповсюдженими є [9]:

– ВЛК з віддаленим доступом до об'єкта вивчення або дослідження;

– ВЛК з комп'ютерним (математичним) моделюванням об'єкта вивчення або дослідження.

Особливістю лабораторного практикуму з віддаленим доступом (або лабораторії віддаленого доступу) є наявність лабораторного обладнання та програмно-методичних засобів, які дозволяють за індивідуальним завданням студента (дослідника) вибирати об'єкт вивчення (дослідження) із запропонованої множини альтернатив, налаштовувати його параметри, здійснювати конфігурацію заданої схеми та режиму проведення експерименту, обробляти результати експерименту та проводити їх математичне оцінювання. На думку багатьох авторів, зокрема [6, 10], такий тип лабораторного практикуму вважається найперспективнішим. Проте, не знижуючи перспектив застосування ВЛК першого типу (можливість роботи на унікальному обладнанні, робота з «живим» обладнанням тощо), необхідно зазначити, що їм фактично притаманні зазначені вище недоліки реальних лабораторних установок, які доповнюються обмеженістю доступу. На нашу думку, на сьогодні ВЛК з віддаленим доступом можуть бути більш ефективним під час проведення наукових досліджень, ніж під час реалізації комплексу освітніх функцій, покладених на лабораторний практикум. ВЛК другого типу спираються на потужності сучасних комп'ютерів, що дозволяє не тільки відтворювати фізичні процеси окремих об'єктів за їх математичним описом, а й моделювати роботу складних технічних систем. Лабораторні роботи на математичних моделях дозволяють студентам вивчати принципи функціонування, налаштування пристроїв, які вивчалися лише на фізичних моделях, з можливістю відтворення значно більшої кількості ситуацій, із великою зручністю і наочністю.

Ефективність ВЛК зумовлена можливістю їх використання у якості:

– тренажера, за допомогою якого на математичній моделі вивчаються характеристики об'єктів і процеси перетворення енергії в них;

– програмного інструментарію для моделювання, вивчення та дослідження режимів роботи систем, у тому числі перед аварійних та аварійних;

– апаратно-програмного інструментарію дослідної лабораторії для проведення наукових досліджень з комп'ютерною обробкою даних, а також у режимі реального часу.

Сьогодні існує велика кількість програмних засобів для дослідження об'єктів з електротехніки, механіки, гідравліки тощо. Програмні засоби, такі, як Matlab, Vis Sim чи Modelica, містять бібліотечні елементи, які можуть утворювати складні технічні системи і класифікуються як системи імітаційного моделювання. Такі системи поєднують і програмне середовище, і математичне забезпечення. Але саме це обмежує їх застосування, адже жоден

програмний засіб не в змозі врахувати всі завдання, що постають перед дослідниками, усі особливості фізичної природи досліджуваних об'єктів.

Серед найбільш відомих світових лідерів у галузі створення пакетів для моделювання та тренажерних технологій на їх основі можна назвати технологію віртуальних приборів LabVIEW. Програмне середовище LabVIEW є інструментарієм технології віртуальних приладів, що дозволяє створювати системи вимірювання, керування та діагностики різного призначення практично будь-якої складності, включаючи математичне моделювання і тестування цих систем [11]. LabVIEW дозволяє створювати ефективний графічний інтерфейс користувача з розвинутою системою графічного меню у вигляді графічних образів. Це забезпечує зручний інтерактивний режим роботи. Працюючи з віртуальним інструментом через графічний інтерфейс, користувач на екрані монітора бачить звичну передню панель стенда, що імітує реальну панель із необхідним набором приладів, призначених для контролю й керування.

Аналіз показав, що якісне забезпечення навчального процесу можливе за умови застосування ВЛК з такими функціями: візуальне спостереження сигналів, що зумовлює методичний пізнавальний інтерес під час виконання лабораторних робіт; аналіз контрольованих сигналів, включаючи гармонічний аналіз, компоненти цифрової обробки сигналів; можливість використання банку математичних моделей для дослідження процесів у системі; задання керуючих сигналів з набору, характерного для всього комплексу лабораторних робіт; реалізація цифрових систем керування і регулювання параметрів усього комплексу (зворотних зв'язків, регуляторів з можливістю зміни їх налаштувань тощо); математичний апарат для виконання розрахункових операцій під час дослідження режимів роботи елементів комплексів, які передбачено переліком лабораторних робіт; методичне забезпечення для підготовки і виконання конкретних лабораторних робіт.

На сьогодні в Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського створено понад 50 стендів, тотожних реальним фізичним стендам, та стендів дослідницького спрямування. Широко використовуювані ВЛК за галузями знань «Електрична інженерія» і «Автоматизація та приладобудування» (рис. 1).

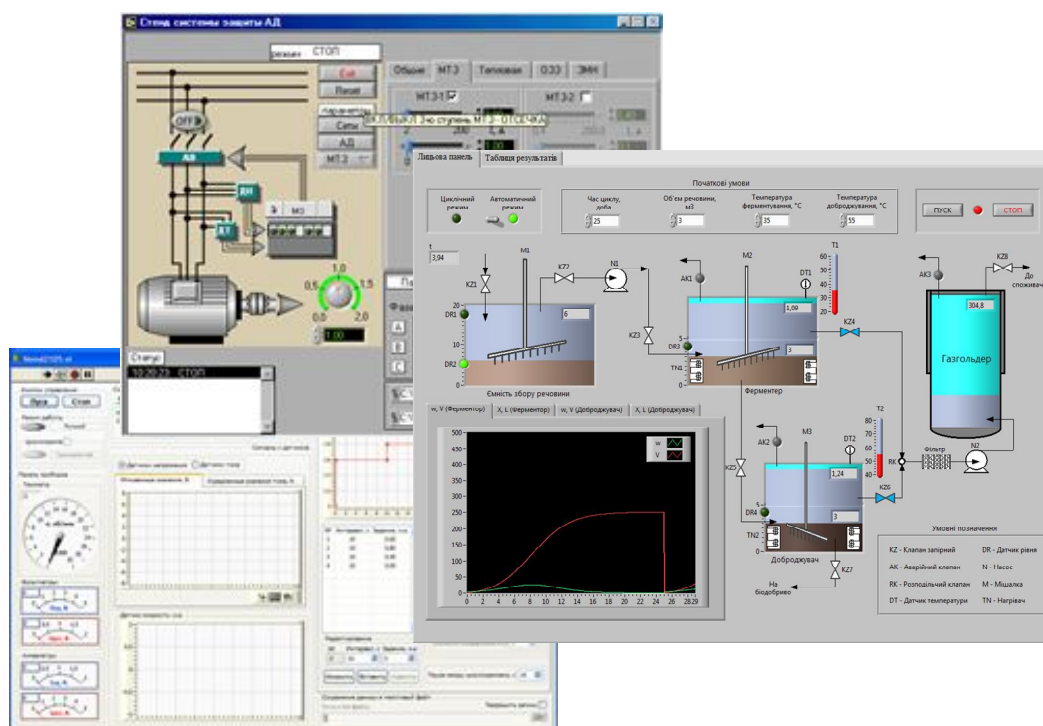


Рисунок 1 – Лицьові панелі віртуальних лабораторних комплексів

Віртуальні лабораторні комплекси – це інструментарій, який дозволяє розв’язувати цілком певні задачі в процесі підготовки і формування фахівця, прищеплювати навички самостійної роботи, розвивати наочно-образне мислення, акцентуючи на причинно-наслідкових зв’язках об’єктів і процесів, що вивчаються.

Упровадження і виконання комплексу робіт довело, що ВЛК – це не просто модель системи чи об’єкта зі зручним інтерфейсом, що вимагає постановки нових задач у загальній проблемі розвитку освітнього процесу та наукового пошуку:

- створення на основі ВЛК методології оцінювання якості навчання та рівня професійної підготовки фахівців;
- використання технології інтегрованого вивчення фахової іноземної мови у підготовці студентів із фундаментальних і спеціальних дисциплін;
- чіткого розуміння істотної різниці між моделями процесів і моделями обладнання;
- формування моделі ВЛК як аналога фізичного обладнання з можливістю настроювання віртуальної моделі на його параметри;
- розвитку нових напрямів досліджень процесів і явищ тощо.

Оцінка ефективності використання ВЛК.

Для оцінки впливу використання ВЛК на ефективність професійно-практичної підготовки студентів електротехнічних спеціальностей було проведено експеримент.

Метою експерименту було порівняння ефективності виконання лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Теорія електроприводу» студентами 3-го курсу спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка, на фізичних лабораторних стендах та віртуальних лабораторних стендах, які тотожні реальним фізичним стендам.

В експерименті було задіяні дві студентські групи. Група 1 складалась з десяти студентів, група 2 – з семи студентів.

Студенти відпрацювали шість лабораторних робіт.

Робота 1. Вивчення способів навантаження електричних двигунів.

Робота 2. Механічні характеристики і регульовальні властивості електроприводу з електричним двигуном постійного струму незалежного збудження.

Робота 3. Механічні характеристики і регульовальні властивості електроприводу з електричним двигуном постійного струму послідовного збудження.

Робота 4. Гальмівні режими електричних двигунів постійного струму.

Робота 5. Механічні характеристики і регульовальні властивості електроприводу за системою Г–Д.

Робота 6. Механічні характеристики і регульовальні властивості електроприводу за системою Г–Д зі зворотними зв’язками за струмом та кутовою частотою обертання.

Студенти групи 1 відпрацювали лабораторні роботи на фізичному стенді, студенти групи 2 – на віртуальних лабораторних стендах. При оцінюванні виконання лабораторної роботи студентам був запропонований тест з 10 запитань. Запитання включали питання з теорії процесів у досліджуваних системах електроприводу, а також виконання лабораторної роботи. Результати оцінювання відповідей студентів були усереднені.

Середнє значення оцінок відповідей студентів розраховано як

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

де x_i – значення оцінки відповіді i -го студента; n – кількість студентів в групі.

Результати розподілу оцінок відповідей показані на рис. 2 (суцільні лінії) при розташуванні виконання лабораторних робіт у хронологічному порядку.

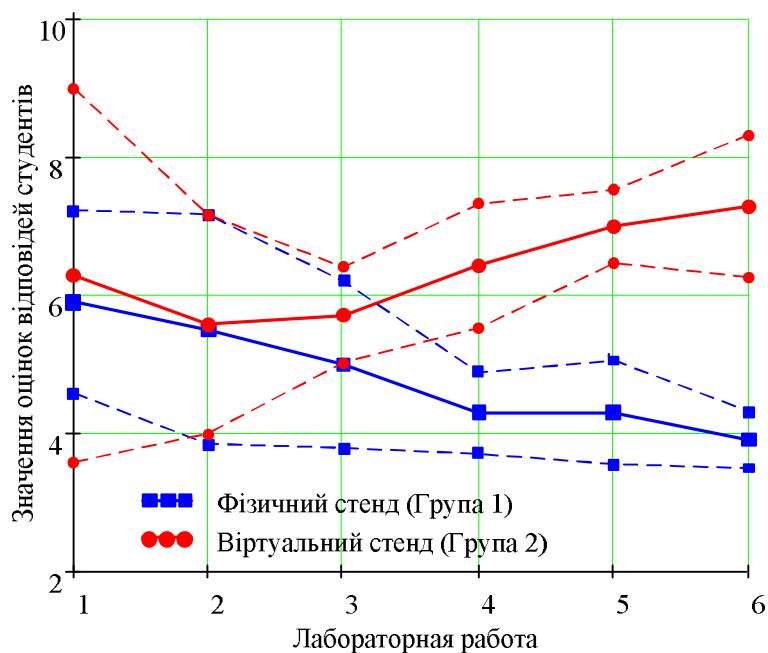


Рисунок 2 – Розподіл оцінок відповідей і їх довірчі межі при тестуванні груп студентів

Аналіз кривих показує, що існує чітка тенденція до погіршення результатів тестування у групі 1, і покращення результатів тестування у групі 2 відповідно до хронологічного порядку виконання лабораторних робіт. Середнє значення різниці значень оцінок відповідей між групами для перших трьох робіт досить незначна, і тільки для четвертої, та наступних робіт стрімко зростає (рис. 3.). Тому для перевірки якості отриманих результатів проведено їх статистичну оцінку.

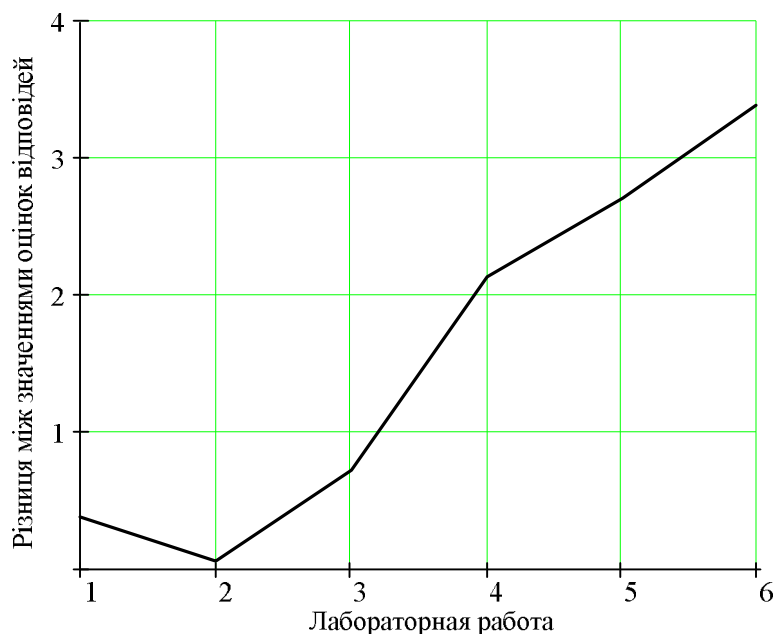


Рисунок 3 – Різниця між значеннями оцінок відповідей студентів

Незміщена оцінка дисперсії:

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

Межі довірчих інтервалів

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

де $(1 - \alpha/2)$ – квантиль розподілу Стюдента.

Приймаючи коефіцієнт вірогідності $\alpha = 0,05$, знаходимо для групи 1 з дев'ятьма ступенями свободи, $t_{(1-\alpha/2)} = 2,262$; для групи 2 з шістьма ступенями свободи, $t_{(1-\alpha/2)} = 2,447$.

Враховуючи довірчі інтервали побудовано тренди розподілу оцінок відповідей студентів (Рис. 3, пунктирні лінії).

Як видно з графіку існує статистично значима відмінність між середніми значеннями кількості правильних відповідей починаючи з четвертої лабораторної роботи, так як 95% довірчі інтервали не перетинаються. Таким чином, як мінімум, можна стверджувати, що в другій половині циклу проведення лабораторного практикуму, методика виконання його на основі ВЛК є більш ефективною ніж традиційна

Однак отримані відсотки підвищення ефективності відображають лише результати сукупних опитувань та тестів. Тобто зазначена оцінка за виконану роботу являє собою статичний результат, який не відображає, наприклад, часу виконання роботи, послідовності дій, можливих помилок чи похибок при виконання роботи.

В ряді робіт [7, 8] доведена можливість використання замість реального обладнання віртуальних лабораторних комплексів – реальних фізичних об'єктів, відтворених за допомогою комп'ютерних систем. Вони забезпечують візуальні і звукові ефекти на основі технології безконтактної інформаційної взаємодії за допомогою комплексних мультимедіа-операційних середовищ. Форми комп'ютерного моделювання в таких комплексах дозволяють користувачеві безпосередньо діяти за допомогою спеціальних сенсорних пристроїв і пристроїв керування. В тому числі і фіксувати усі дії студента під час виконання лабораторного практикуму з подальшим їх аналізом. Подібна задача вимагає вирішення і при проведенні лабораторних практикумів із застосуванням ВЛК. Синтез критеріїв такої оцінки дозволить не тільки здійснити відповідний аналіз, а й дати відповідь щодо ефективності професійних компетентностей професійно-практичної підготовки студентів технічних спеціальностей.

Одним з шляхів розв'язку є використання метрик відстані. У наукових публікаціях [12-13] розглядаються питання використання різних метрик відстані для задач навчання. Ми розглянемо рішення поставленого завдання на основі ідентифікації подібності тестового еталонного процесу і реального, одержуваного студентом при виконанні лабораторної роботи. Кожен з процесів являє собою вектор послідовних дій – включення комутуючої апаратури, при підготовці стенду до виконання і в процесі виконання лабораторної роботи. Для синтезу критеріїв оцінювання роботи студента на основі порівняння векторів тестового і реального процесів було відібрано ряд метрик [14].

Мірою подібності векторів є відстань Ейлера, що враховує кореляцію між векторами і інваріантна до масштабу:

$$dE = \sqrt{(L - V)^T (L - V)}, \quad (1)$$

$V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_M)$, $L = (l_1, l_2, l_3, \dots, l_N)$. Дана метрика є інтегральною характеристикою і дозволяє оцінити загальну помилку в роботі студента.

Мірою відмінності векторів є відстань Хеммінга, що визначає число позицій, в яких відповідні символи двох послідовностей однакової довжини різні. Таким чином, вектора L і V повинні бути попередньо приведені до однієї довжини. Тоді

$$VH_i = \begin{cases} 1, & L_i \neq V_i \\ 0, & L_i = V_i \end{cases}, i = 1..N \quad dH = \sum_{i=1}^N VH_i. \quad (2)$$

Дана метрика визначає загальну кількість помилкових дій студента і може бути використана як один з показників якості роботи.

Різниця векторів також може бути визначена по відстані Чебишева як максимум модуля різниці компонент векторів L і V :

$$dCh = \max_{i=1..N} (|L_i - V_i|), \quad (3)$$

і характеризує величину максимальної помилки студента як величину максимального порушення вимагається послідовності дії.

З урахуванням наведених метрик запропоновані три критерії оцінювання ефективності виконання роботи студентом:

загальна помилка K_{err} ,

$$K_{err} = \frac{1}{1 + K \cdot dE}; \quad (4)$$

– кількість помилок K_{am_err}

$$K_{am_err} = 1 - \frac{dH}{L_{length}}; \quad (5)$$

– максимальна помилка K_{max_err}

$$K_{max_err} = 1 - \frac{dCh}{V_{length} - 1}, \quad (6)$$

де L_{length} – довжина вектору L , V_{length} – довжина вектору V .

Кожен з критеріїв в найкращому випадку дорівнює одиниці, що відповідає абсолютному збігу векторів тестового і реального процесів. Інтегральна оцінка роботи студента може бути побудована на основі розглянутих критеріїв з урахуванням їх рівнозначності

$$M_q = \frac{1}{3} (K_{err} + K_{am_err} + K_{max_err}). \quad (7)$$

Як приклад розглянемо виконання лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Теорія електроприводу» на основі віртуальних лабораторних комплексів. Для визначення професійної компетентності в практичній підготовці перед студентами була поставлена задача дослідження системи електроприводу, яка показана на рис. 4.

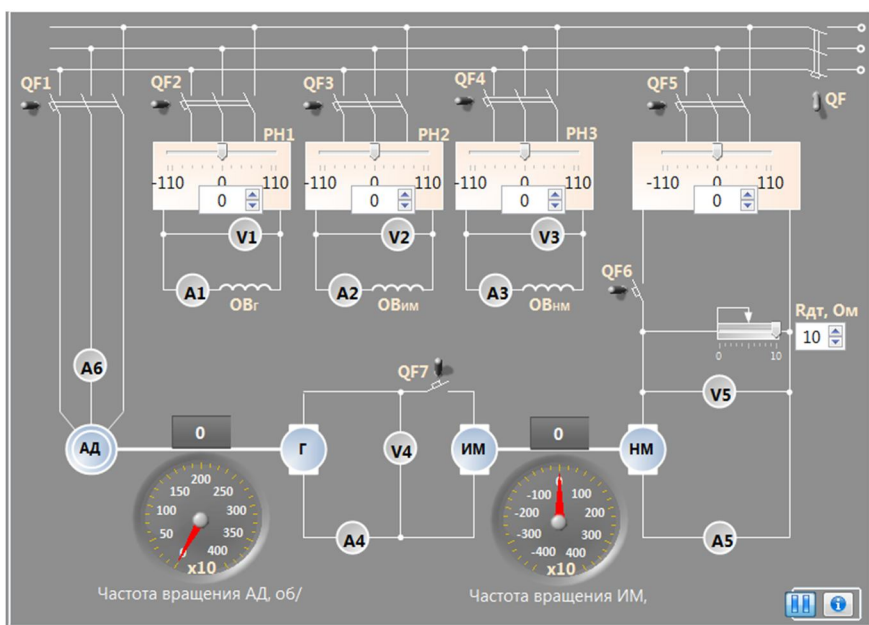


Рисунок 4 – Приклад віртуального лабораторного стенду

При роботі зі стендом фіксувалися перемикання автоматичних вимикачів $QF_0 - QF_7$ і формувався вектор L послідовності дій.

Вектор тестового процесу сформований із зазначенням номерів включаються автоматичних вимикачів, довжиною $M=7$

$$V = [1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7]^T,$$

а вектор реального процесу довжиною $N=15$

$$L = [1 \ 2 \ 5 \ 4 \ 4 \ 5 \ 3 \ 5 \ 4 \ 4 \ 5 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7]^T.$$

Обчислення міри схожості векторів V і L з використанням виразу (1) неможливо, так як $N \neq M$. Тому розширимо V таким чином, щоб індекси відповідні включенню автоматичного вимикача знаходилися навпроти відповідних індексів L . Отримаємо новий вектор V_r у вигляді

$$V_r = [1 \ 2 \ . \ . \ . \ 3 \ . \ 4 \ . \ . \ . \ 5 \ 6 \ 7]^T.$$

Заповнимо розширені клітинки індексами очікуваного включення відповідного автоматичного вимикача. тоді V_r прийме вид

$$V_r = [1 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5 \ 6 \ 7]^T.$$

Відображення $V \rightarrow V_r$ дозволяє представити динамічний процес очікування правильного дії студента звичайним вектором в N – мірному просторі.

Оцінити величину помилки на кожному кроці виконання роботи студентом дозволяє різниця векторів L і V_r без урахування знаку (рис. 5). Математичне сподівання отриманого вектору становить 0.6 і характеризує величину середньої помилки, але не дозволяє провести якісний аналіз проведеної студентом роботи.

Якісна оцінка роботи студента може бути отримана з урахуванням наведених вище критеріїв (4) - (6).



Рисунок 5 – Величина помилки на кожному кроці виконання студентом лабораторної роботи

Розрахована відстань Ейлера для векторів L і V_r дорівнює $dE = 3.606$. Оскільки ця відстань може бути значно більше одиниці, для розрахунку критерію K_{err} необхідно виконати нормування отриманого значення. Коефіцієнт нормування може бути обраний, виходячи з величини найгіршою помилки, отриманої для вектора довжини N . Так, для представленої тестової послідовності V і довжини реального вектора $N=15$, з урахуванням підсумкової правильної послідовності включень, найгірший за величиною помилки вектор реального процесу L_{bad} і відповідний йому розширений вектор V_{r_bad} будуть мати вид:

$$L_{bad} = [7 \ 7 \ 6 \ 6 \ 5 \ 5 \ 4 \ 4 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7]^T,$$

$$V_{r_bad} = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7]^T.$$

Розрахована для пари L_{bad} і V_{r_bad} відстань Ейлера $dE_{bad} = 13.115$ і є найгіршою для $N=15$. Оскільки після всіх перемикань необхідний результат досягнутий, і необхідна послідовність перемикань побудована, дана робота повинна бути оцінена мінімальною

позитивною оцінкою $K_{err_min} = 0.6$ і нормувальний коефіцієнт розрахований відповідно до (4):

$$K_{err_min} = \frac{1}{1 + KdE_{bad}}; \quad K = 0.051.$$

Подальший аналіз дозволяє побудувати загальну формулу для визначення найгіршої відстані Ейлера:

$$dE_{bad} = \sqrt{(N - M)M^2 + 2 \sum_{i=1}^{(N-M)/2} (i^2 - 2iM)}, \quad (8)$$

де N – довжина вектору реального процесу, M – довжина вектору тестового процесу. Тоді нормувальний коефіцієнт в критерії (4) має вид:

$$K = \frac{2}{3dE_{bad}}. \quad (9)$$

З урахуванням (4) - (9) може бути визначена нижня межа критерію M_q за умови остаточної побудови правильної послідовності включень. Для заданої пари векторів L і V_r значення критерію $M_{q_min} = 0.345$, що відповідає загальній незадовільну оцінку роботи студента.

Розраховані за формулами (1) - (9) значення метрик і критеріїв оцінювання роботи наведені в табл. 1.

Поступове поліпшення інтегральної оцінки в міру наближення вектору реального процесу до тестового процесу було підтверджено експериментально. За результатами роботи на лабораторному стенді був отриманий набір векторів $L_1 - L_5$, визначені вектори $V_{r1} - V_{r5}$, за значеннями яких розраховані підсумкові значення M_q .

Динаміка зміни значень параметрів, що впливають на інтегральний критерій оцінювання M_q , приведена в табл. 1. Представлені в таблиці значення відображають поліпшення характеристик навчання за рахунок зменшення загальної і максимальної помилок і кількості невірних дій.

Таблиця 1 – Значення метрик і критеріїв оцінювання роботи

Вектор	dE	K_{err}	dH	K_{am_e}	dCh	K_{max_e}	M_q
L	3,606	0,84	7	0,533	2	0,667	0,68
L_1	2,646	0,877	7	0,533	1	0,833	0,749
L_2	3,317	0,85	5	0,615	2	0,667	0,712
L_3	2,236	0,894	5	0,615	1	0,833	0,782
L_4	2,828	0,87	2	0,778	2	0,667	0,773
L_5	1,414	0,93	2	0,778	1	0,833	0,848

Отримані результати дозволяють проаналізувати вплив окремих метрик на сумарний критерій оцінювання. Так, при однаковій максимальній помилці (наприклад, вектори L , L_2 , L_4 , $dCh=2$) можна відзначити збільшення значень критеріїв K_{err} і K_{am_e} при зменшенні кількості невірних дій з 7 до 2, і, відповідно, збільшення M_q . Аналогічно, при однаковому числі невірних дій (наприклад, вектори L_2 , L_3 , $dH=5$) при зменшенні максимальної помилки з 2 до 1 показники якості K_{err} , K_{am_e} і M_q також поліпшуються. Дані висновки наочно демонструють представлені нижче графіки проєкцій M_q на пари осей (dE , dH) – рис. 6 і (dE , dCh) – рис. 7. Критерій M_q досягає максимального значення 1 тільки в разі нульових значень всіх трьох метрик dE , dH і dCh .

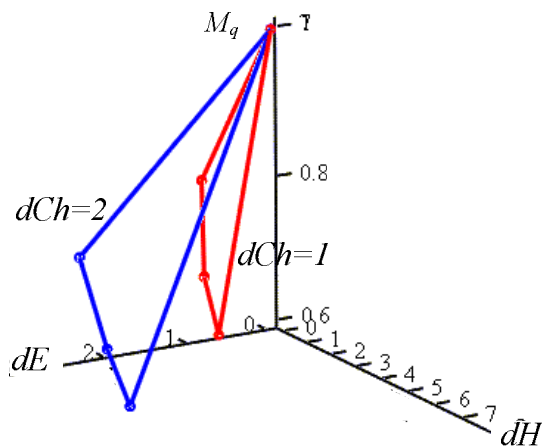


Рисунок 6 – Проекція M_q на осі dE , dH

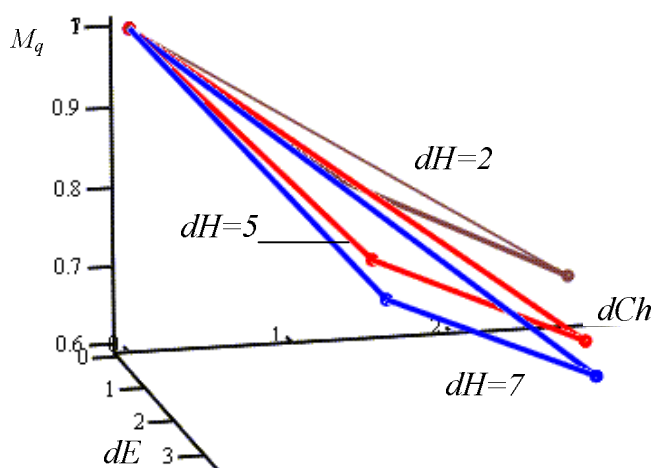


Рисунок 7 – Проекція M_q на осі dE , dCh

Представлений діапазон змін інтегрального критерію від 0.68 до 0.848 охоплює можливості оцінки роботи студента від «погано до» дуже добре». Максимальна оцінка 1 може бути отримана студентом тільки в разі абсолютно правильно виконаної послідовності дій, тобто у разі повного збігу реального і тестового процесів.

ВИСНОВКИ. Таким чином можна зробити висновок про ефективність виконання лабораторного практикуму на віртуальних лабораторних стендах, тотожних реальним фізичним стендам. Використання ВЛК збільшує ефективність процесу здобування та засвоєння нового знання. Це спостерігається як кумулятивний ефект після третьої лабораторної роботи – стрімке зростання кількості вірних відповідей у групі, яка виконувала лабораторний практикум на віртуальних стендах. Можна стверджувати, що на цьому етапі відбувається засвоєння теоретичних положень і студенти починають свідомо виконувати завдання лабораторного практикуму, а не суто за програмою методичних вказівок.

Впровадження технології проведення лабораторних практикумів на основі віртуальних комплексів у навчальний процес забезпечує його виконання в повному обсязі; створює систему розвитку наукового мислення і підготовки фахівця і дослідника. При чому, разом із суттєвим економічним ефектом, пов'язаним із виключенням витрат на придбання фізичних лабораторних стендів, їх обслуговування, ремонт та експлуатацію, досягається і соціальний ефект за рахунок підвищення якості професійно-практичної складової підготовки і формування компетентного фахівця, конкурентоздатного на сучасному ринку праці.

Запропонований метод аналізу процесу виконання студентом лабораторної роботи дає більш розширену оцінку відпрацювання лабораторного практикуму, а не тільки констатацію факту «виконав / не виконав». Розроблені критерії дозволяють аналізувати хід виконання роботи, дають уявлення про характер дій студента і ступеня їх правильності.

Представлена модель (1) - (9) оцінки роботи студента не враховує деяких особливостей роботи на реальному стенді (рис. 1), які повинні бути введені в якості додаткових параметрів. До таких особливостей можна віднести інформативність перемикачів, можливість існування різних варіантів побудови тестової послідовності, вплив довжини реальної послідовності на кінцеву оцінку. Виходячи зі сказаного, подальші дослідження в області побудови критеріїв оцінювання послідовності дій будуть спрямовані на вдосконалення та деталізацію моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробієнко П. Компетентнісний підхід у вищій освіті — від теорії до практики / П. Воробієнко, А. Ложковський // Вища школа. – 2016. – № 6. – С. 13–20.
2. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи [текст] // Бібліотека з освітньої політики / під заг. ред. О. В. Овчарук. – К.: «К.І.С.», 2004. – 112 с.
3. Кремень В. Г. Нові вимоги до якісної освіти [текст] / В. Г. Кремень // Освіта України. – 2006. – № 45-46. – С. 6–7.
4. Ломакина Г.Р. Компетентностный подход как прагматико-ориентированный подход к результатам высшего образования. // Теория и практика общественного развития, 2012. № 12. (Режимдоступу: <http://www.teoria-practica.ru/ru/12-2012.html>)
5. Подрыгало М. А. Некоторые аспекты становления специалиста высшей квалификации / М. А. Подрыгало, А. К. Чаплыгин // Проблемы та перспективи формування національної гуманітарнотехнічної еліти. – Вип. 32–33 (36–37). – Харків : НТУ “ХП”, 2012. – С. – 31-39
6. Информатизация образования: направления, средства, технологии: учебное пособие / Под общ. ред. С. И. Маслова. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 864 с.
7. Чорний О. П. Віртуальні комплекси і тренажери – технологія якісної підготовки фахівців у галузі електромеханіки, автоматизації та управління / О. П. Чорний, Д. Й. Родькін // Вища школа : Наук. практ. видан. – 2010. – № 7–8. – Освітні технології. – С. 23–34
8. Загірняк М. В. Віртуальні лабораторні системи і комплекси – нова перспектива наукового пошуку і підвищення якості підготовки фахівців з електромеханіки / М. В. Загірняк, Д. Й. Родькін, О. П. Чорний // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – Кременчук, 2009. – Вип. 2–2009 (6). – С. 8–12.
9. Построение информационных систем непрерывного образования на основе интернет-технологий / А. В. Дьяченко, В. Г. Манжула, А. Э. Попов и др. ; под ред. А. Э. Попова. – М. : Академия естествознания, 2010. – 130 с. – Режим доступа : www.monographies.ru/98.
10. Постников Е. Б. Обзор мирового опыта создания и эксплуатации лабораторий удаленного доступа / Е. Б. Постников. – 2011. – Режим доступа: www.efmsb.ru/download/Mirovoy_opit_sozdaniya_i_ekspluatatsii_laboratoriy_udalennogo_dostupa.pdf.
11. Евдокимов Ю. К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. И. Щербаков. – М. : ДМК «Пресс», 2007. – 400 с.
12. F. Esposito, D. Malerba, V. Tamma, and H.-H. Bock, “Classical resemblance measures,” in *Analysis of Symbolic Data: Exploratory Methods for Extracting Statistical Information From*

Complex Data, H.-H. Bock and E. Diday, Eds. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002, pp. 139–152.

13. A new distance metric for unsupervised learning of categorical data. H Jia, Y Cheung, J Liu - IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 27, no. 5, pp. 1065-1079, may 2016

14. Елена Деза, Мишель Мари Деза Энциклопедический словарь расстояний - Dictionary of Distances //— Париж. – М: Наука, 2008. – 444 с.

Serhiienko S., Chorny O.

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine

THE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE GENERATION OF ENGINEERING SPECIALISTS' PROFESSIONAL AND PRACTICAL COMPETENCES

It is demonstrated that a competent specialist can be efficiently formed via the creation of new approaches to the professional and practical component of training – a laboratory workshop. An alternative of carrying out laboratory workshops for the students of engineering specialties of educational establishments on the basis of virtual laboratory complexes identical to real physical stands is considered. The basic requirements to virtual complexes are formulated and the graphic programming environment LabVIEW is proposed as the platform for their creation. An experimental assessment of virtual complex influence on the process of students' practical training is performed. The efficiency of the use of the virtual laboratory complexes in specialists training is proved on the basis of the data statistical processing. The distance-function-based method of the analysis of the process and the assessment of the efficiency of students' performance of the laboratory work is demonstrated. The criteria for the assessment of the efficiency of student's performance of the work are created using Euler's, Hamming's and Chebyshev's metrics. The particular metrics influence on the total assessment criterion is analyzed. The obtained results make it possible to grade the work process from "bad" to "very good".

Key words: competences generation, laboratory workshop, virtual laboratory complex, assessment criteria, performance efficiency.

REFERENCES

1. Vorobienko P. The competence approach in the higher education — from the theory to the practice / P. Vorobienko, A. Lozhkovskyi // Vyshcha shkola. – 2016. – No. 6. – P. 13–20.

2. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи [текст] // Бібліотека з освітньої політики / під заг. ред. О. В. Овчарук. – К.: «К.І.С.», 2004. – 112 с.

3. Кремень В. Г. Нові вимоги до якісної освіти [текст] / В. Г. Кремень // Освіта України. – 2006. – № 45-46. – С. 6–7.

4. Lomakina G.R. The competence approach as a pragmatics-oriented approach to the results of the higher education. // The theory and practice of the social development, 2012. No.12. (Mode of access: <http://www.teoria-practica.ru/ru/12-2012.html>)

5. Подрыгало М. А. Некоторые аспекты становления специалиста высшей квалификации / М. А. Подрыгало, А. К. Чаплыгин // Проблемы та перспективи формування національної гуманітарнотехнічної еліти. – Вип. 32–33 (36–37). – Харків : НТУ "ХПІ", 2012. – С. – 31-39

6. Education informatization: directions, means, technologies: manual / Edited by S. I. Maslov. – М. : Publishing house MEI, 2004. – 864 p. [in Russian].

7. Chorny O. P. Virtual complexes and simulators – the technology of high-quality training specialists in the field of electrical mechanics, automation and control / O. P. Chorny, D. Yo.

Rodkin // Vyshcha shkola : Scientific and pract. edit. – 2010. – No. 7–8. – Educational technologies. – P. 23–34.

8. Zagirnyak M. V. The virtual laboratory systems and complexes – a new prospect for the scientific search and the improvement of the quality of training specialists in electrical mechanics / M. V. Zagirnyak, D. Yo. Rodkin, O. P. Chornyi // Electromechanical and energy-saving systems: quarterly journal. – Kremenchu : KSPU, 2009. – Issue. 2–2009 (6). – P. 8–12.

9. Построение информационных систем непрерывного образования на основе интернет-технологий / А. В. Дьяченко, В. Г. Манжула, А. Э. Попов и др. ; под ред. А. Э. Попова. – М. : Академия естествознания, 2010. – 130 с. – Режим доступа : www.monographies.ru/98.

10. Постников Е. Б. Обзор мирового опыта создания и эксплуатации лабораторий удаленного доступа / Е. Б. Постников. – 2011. – Режим доступа: www.efmsb.ru/download/Mirovoy_opit_sozdaniya_i_ekspluatatsii_laboratoriy_udalennogo_dostupa.pdf.

11. Yevdokimov Yu. K. LabVIEW for a radio engineer: from a virtual model to a real device. Practical manual for work in software medium LabVIEW / Yu. K. Yevdokimov, V. R. Lindval, G. I. Shcherbakov. – М. : DMK “Press”, 2007. – 400 p. [in Russian].

12. F. Esposito, D. Malerba, V. Tamma, and H.-H. Bock, “Classical resemblance measures,” in Analysis of Symbolic Data: Exploratory Methods for Extracting Statistical Information From Complex Data, H.-H. Bock and E. Diday, Eds. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002, pp. 139–152.

13. A new distance metric for unsupervised learning of categorical data. H Jia, Y Cheung, J Liu - IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 27, no. 5, pp. 1065-1079, May 2016

14. Yelena Deza, Michel Mari Deza Dictionary of Distances //— Paris. – М: Nauka, 2008. – 444 p

Сергієнко Сергій Анатолійович,

к.техн.н., доцент,
проректор з науково-педагогічної роботи і новітніх технологій в освіті,
доцент кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод»,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук
Полтавської обл., Україна, 39600.
Тел. . +380984334771
E-mail: sergsa@kdu.edu.ua



Serhienko Serhii Anatoliiovych,

Cand.Sc. (Eng.), Associate Professor,
Pro-rector,
Associate Professor of Automatic Control
Systems and Electric Drive Department,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National
University,
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,
Poltava Region, Ukraine, 39600.
Tel. . +380984334771
E-mail: sergsa@kdu.edu.ua

Чорний Олексій Петрович,

Д-р, техн. наук, професор,
директор інституту електромеханіки,
енергозбереження і систем управління,
професор кафедри «Системи автоматичного управління та електропривод»,
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук
Полтавської обл., Україна, 39600.
Тел. +38675417900.
E-mail: Ochornyi@ukr.net



Chornyi Oleksii Petrovych,

D.Sc. (Eng.), Director of the Institute of
Electromechanics, Energy Saving and Control
Systems, Professor,
Professor of Automatic Control Systems and
Electric Drive Department,
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National
University,
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk,
Poltava Region, Ukraine, 39600.
Tel. +38675417900.
E-mail: Ochornyi@ukr.net

Стаття надійшла 16.09.2017