

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ «ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ РОЗТІКАННЮ СТРУМУ ЗАЗЕМЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ, ПИТОМОГО ОПОРУ ҐРУНТУ, ІЗОЛЯЦІЇ МЕРЕЖ ТА ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК» ЗА ДОПОМОГОЮ ВІРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Олег Березюк, orcid.org/0000-0002-2747-2978, e-mail: berezyukoleg@i.ua

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

У матеріалах даної науково-методичної статті розглядається можливість використання віртуального лабораторного стенда під час проведення студентами закладів вищої освіти лабораторної роботи під назвою «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж та електроустановок». У статті розглянуто конкретні переваги використання віртуального стенда, зокрема його роль у підвищенні якості навчального процесу, розширенні доступу до ресурсів та оптимізації навчальних витрат.

Метою статті є визначення основних переваг застосування запропонованого віртуального лабораторного стенда як інноваційного підходу у вивченні складних технічних процесів і забезпеченні високого рівня підготовки під час проведення лабораторної роботи на тему «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж та електроустановок».

Ця лабораторна робота є складовою навчальної програми з освітньої компоненти, спрямованої на формування в студентів здатності ідентифікувати, аналізувати й оцінювати потенційні ризики, пов'язані з виробничим середовищем, і яка має назву «Охорона праці в галузі та цивільний захист». Окрему увагу приділено методиці проведення лабораторної роботи за допомогою віртуального стенда, включаючи заходи з налаштування програмного забезпечення, алгоритми виконання вимірювань та аналізу отриманих даних. Детально описано способи імітації різних умов вимірювань, що дозволяє студентам відпрацьовувати сценарії, які було б складно або небезпечно реалізувати в реальних умовах.

У матеріалах статті проведено огляд інтерфейсу та функціональних можливостей розробленої комп'ютерної програми, що відтворює компоненти керування реального лабораторного обладнання, і призначеної для реалізації функцій віртуального лабораторного стенда, описано ключові можливості запропонованої програми, включаючи симуляцію різних лабораторних сценаріїв та наявність матеріалів теоретичного характеру, необхідних для підготовки та проведення лабораторного заняття, а також деталізоване відтворення зовнішнього вигляду та компонентів керування реального експериментального лабораторного обладнання, що сприяє створенню відчуття роботи з фізичними приладами, реалізацію математичних моделей, що точно описують залежності вихідних параметрів від вхідних. Також з'ясовано, що використання подібних технологій в процесі проведення інших лабораторних робіт із вищезгаданої освітньої компоненти потребує подальших ретельних систематичних досліджень і обговорення їхніх результатів.

Ключові слова: віртуальний лабораторний стенд; інтерактивні інформаційні технології; лабораторна робота; охорона праці в галузі; вимірювання опору; розтікання струму; заземлення; заземлюючий пристрій; питомий опір ґрунту; ізоляція.

Постановка проблеми. Здобувачі освіти в університетах та інших вищих навчальних закладах вивчають предмет «Охорона праці в галузі та цивільний захист» (ОПГ та ЦЗ) для отримання навичок, знань, а також компетенцій з метою ефективного керування системою безпеки праці у різних сферах діяльності (Віштак, Березюк, 2023). Цей курс є важливою складовою освітньої програми, оскільки охоплює ключові аспекти безпеки та захисту, які є актуальними для економічної, науково-освітньої та господарської сфер. Навчальна дисципліна спрямована на формування у студентів здатності ідентифікувати, аналізувати та оцінювати потенційні ризики, пов'язані з виробничим середовищем, а також розробляти та впроваджувати заходи для їх мінімізації. Вивчення цього предмета дозволяє майбутнім фахівцям розвивати розуміння законодавчих і нормативних вимог у сфері охорони праці та цивільного захисту, оволодіти методами оцінки ризиків, а також опанувати навички створення безпечних умов праці. Особлива увага в курсі приділяється не лише теоретичним знанням, а й

практичним навичкам, таким як проведення оцінки технічного стану обладнання, аналізу умов праці, та забезпечення відповідності вимогам охорони праці. Завдяки такому комплексному підходу, випускники набувають компетенцій, необхідних для ефективного управління безпекою та захистом у професійній діяльності, що сприяє створенню безпечних та здорових умов праці, зменшенню ризику травматизму і аварійності, а також покращенню загальної продуктивності праці в організаціях (Березюк, Лемешев, 2009). Одними із головних завдань цього навчання є розуміння студентами важливості дотримання правил безпеки, усвідомлення потенційних ризиків, виховання у студентів відповідальності за свою і загальну безпеку, розуміння важливості інтегрованого підходу до безпеки та захисту в організаціях і підприємствах різних галузей, усвідомлення необхідності повної реалізації усіх заходів та засобів, направлених на забезпечення виробничої безпеки, включаючи вивчення питань, пов'язаних з організацією системи управління охороною праці, аварійним плануванням, навчанням персоналу та застосуванням сучасних технологій для підвищення безпеки на робочих місцях, а також розвиток навичок для запобігання небезпечним ситуаціям. Такий підхід сприятиме вихованню свідомих і обізнаних фахівців, які будуть здатні забезпечувати безпеку на своєму робочому місці та в суспільстві загалом (Типова навчальна програма нормативної дисципліни «Охорона праці в галузі» для вищих навчальних закладів, 2011).

З метою освоєння матеріалу теоретичного характеру і набуття необхідних практичних навичок у межах вивчення нормативної освітньої компоненти ОПГ та ЦЗ здобувачі освіти проводять цілу низку лабораторних робіт. Однією з ключових лабораторних робіт з вказаної дисципліни є лабораторна робота № 8, яка має назву «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок» (Березюк, 2016а). Ця лабораторна робота спрямована на розвиток у студентів практичних умінь, необхідних для здійснення оцінки параметрів електробезпеки. Під час виконання роботи студенти вчаться проводити вимірювання опору розтіканню струму через заземлюючі пристрої, що є важливим для забезпечення надійного захисту електроустановок. Також особлива увага приділяється визначенню питомого опору ґрунту, оскільки цей параметр має значний вплив на ефективність заземлюючих систем. У процесі проведення лабораторії студенти знайомляться з різними методами вимірювання, використовують спеціалізоване обладнання, таке як мегомметри, омметри тощо. Це дозволяє їм оволодіти практичними навичками роботи з вимірювальною апаратурою та навчитися інтерпретувати результати вимірювань. Після проведення даної лабораторної роботи, здобувач освіти має засвоїти методику, пов'язану з вимірюванням опору розтіканню електричного струму заземлюючих пристроїв, а також питомого електричного опору ґрунту і ізоляції мереж та електроустановок із застосуванням відповідних вимірювальних приладів, аналізувати отримані дані, визначати рівень безпеки та виявляти потенційні несправності, крім того, ознайомитись із нормами припустимих значень електричного опору розтіканню струму заземлювальних пристроїв та опору ізоляції, відповідно до встановлених нормативних вимог з електробезпеки. Лабораторна робота № 8 має важливе значення для розуміння основних принципів забезпечення електробезпеки, а також для формування компетенцій, які необхідні для фахівців, що мають володіти знаннями у сфері охорони праці та цивільного захисту. Виконуючи цю роботу, здобувачі освіти отримують можливість не тільки закріпити теоретичні знання, але й застосувати їх на практиці, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу та підготовці до професійної діяльності в умовах реального виробництва (Бондаренко та ін., 2007).

Аналіз наукових досліджень та публікацій. Навчання студентів засобами інтерактивних інформаційних технологій стає все більш актуальним і затребуваним у сучасному освітньому процесі, що зумовлено бурхливим розвитком ІТ-галузі та повальною інформатизацією всього суспільства. Зміни в технологічному середовищі вимагають від освітніх установ адаптації навчальних підходів і впровадження інноваційних методів, які не тільки покращують якість освіти, але й забезпечують студентів актуальними навичками, необхідними для успішної кар'єри в умовах цифрової економіки (Клочко та ін., 2017).

Інтерактивні інформаційні технології, такі як віртуальні лабораторії, симуляції, онлайн-курси, платформи для спільної роботи та інші цифрові інструменти, сприяють активізації навчального процесу. Інтерактивні методи навчання дають можливість створювати реалістичні сценарії, які допомагають студентам не лише засвоювати теоретичні знання, а й застосовувати їх на практиці в умовах, максимально наближених до реальних. Використання інтерактивних інформаційних технологій у навчальному процесі є відповіддю на глобальні виклики сучасності та сприяє підготовці студентів до роботи у все більш цифровізованому середовищі. Це дозволяє освітнім установам не лише йти в ногу з часом, але й випереджати його, створюючи умови для всебічного розвитку і підготовки

майбутніх фахівців до життя та праці в інформаційному суспільстві (Коломієць, 2017).

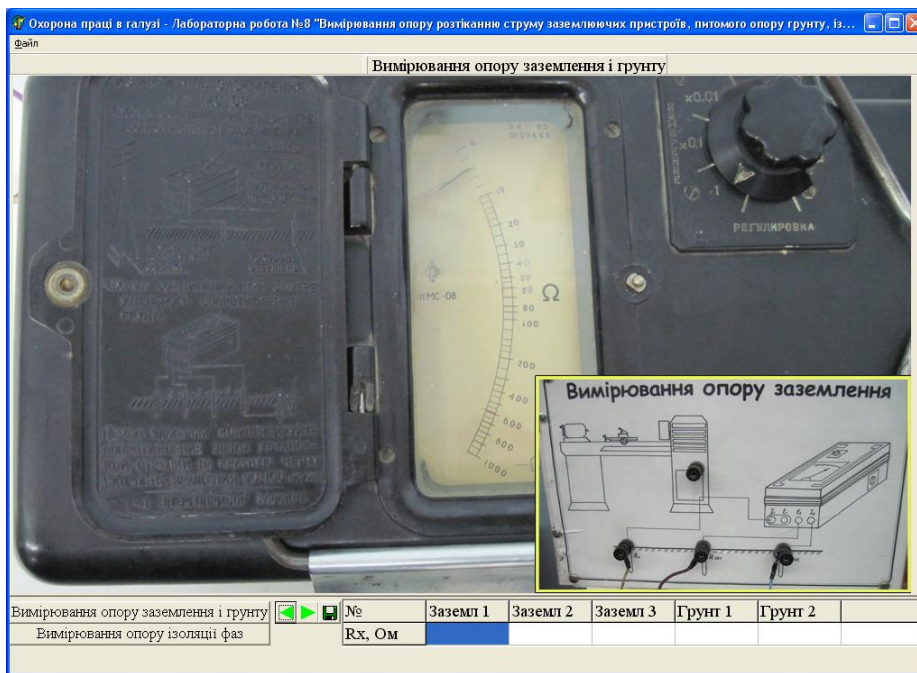
Використання віртуальних лабораторних стендів на персональних комп'ютерах, що за допомогою симуляцій імітують реальні умови, з метою оптимізації навчального процесу та підвищення ефективності навчання останнім часом набуває все більш зростаючого значення (Шкурпат, Гасюк, 2018) та стають все більш популярними завдяки їхній доступності, зручності та можливості відтворювати реальні експерименти без необхідності фізичного обладнання (Цирульник, Роптанов, 2010), додатково до усталених традиційних методів проведення під час навчального процесу лабораторних робіт на реальних фізичних стендах, дозволяючи студентам проводити лабораторні роботи в будь-який час і з будь-якого місця, що підтримує гнучкість у навчальному процесі (Кулініч, Єременко, 2016).

Віртуалізація дозволяє студентам опанувати необхідні практичні навички в умовах, максимально наближених до реальних, при цьому знижуючи ризики, пов'язані з роботою з електрообладнанням, та економлячи ресурси на закупівлю й обслуговування устаткування, легко налаштовувати різні експериментальні умови і сценарії, які можуть бути важко реалізовані або небезпечні в реальному середовищі (Петрицин, 2013). Такий підхід відкриває нові перспективи для доступу здобувачів до вищої освіти, адже активне використання віртуальних інтерактивних технологій під час процесу навчання дозволяє одночасно багатьом користувачам використовувати лабораторні стенди (Крилов, 2012). Віртуальні лабораторії можуть забезпечити більш гнучкий графік роботи, дозволяючи студентам виконувати завдання в зручний для них час, що особливо важливо для дистанційного навчання або у випадках, коли доступ до традиційних лабораторних установок обмежений (Чеховський, та ін., 2010). За останній проміжок часу засоби для проведення віртуальних лабораторних занять набувають більшої популярності у системі вищої інженерної освіти. Використання віртуальних лабораторних стендів не тільки забезпечує безпечне середовище для навчання, але й сприяє формуванню у студентів аналітичного мислення, навичок вирішення проблем та вміння працювати з цифровими інструментами, що є важливими у сучасному професійному середовищі. В першу чергу це обумовлено значним скороченням фінансових витрат та часу, необхідного для виконання фізичних експериментів, а також можливістю збереження враження від виконаної роботи у реальних умовах, уникнення потенційних небезпек, пов'язаних із роботою з реальними приладами та речовинами, що може бути особливо важливо для небезпечних або складних експериментів. Такий підхід допомагає сприяти якісній підготовці майбутніх бакалаврів та магістрів, забезпечуючи їх необхідними навичками та знаннями для професійної діяльності у відповідній галузі промисловості (Панченко, Гудков, 2016).

В своїй статті Березюк (2017а) описує результати дослідження перспективності використання розроблених віртуальних лабораторних стендів під час проведення лабораторної роботи під назвою «Дослідження ефективності освітлення у виробничих приміщеннях» без потреби з використання фізичних ресурсів у контексті вивчення освітньої компоненти «Основи охорони праці», підкреслюючи їхню роль у підвищенні якості освіти, підготовці кваліфікованих фахівців та забезпеченні глибшого розуміння принципів охорони праці. Показано, як віртуальні стенди можуть замінити традиційні методи навчання, забезпечуючи більш доступний і безпечний спосіб опанування ключових аспектів освітлення виробничих приміщень. Використання таких технологій у навчальному процесі допомагає студентам глибше зрозуміти принципи вимірювання освітленості, вимоги до норм освітлення, а також оцінити ефективність різних типів освітлювальних приладів у різних виробничих умовах. Підкреслено, що віртуальні лабораторні стенди надають доступ до сучасних інструментів моделювання та аналізу, що робить процес навчання більш динамічним і залучаючим. Проте автору не вдалось знайти у опублікованих літературних інформаційних джерелах відомостей про використання в навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, з метою розвитку віртуальних навчальних інструментів і підвищення ефективності навчального процесу під час виконання лабораторної роботи під назвою «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок» під час вивчення студентами освітньої компоненти ОПГ та ЦЗ.

Метою статті є розгляд основних можливостей застосування віртуального лабораторного стенда як інноваційного підходу у вивченні складних технічних процесів та забезпеченні високого рівня підготовки під час проведення лабораторної роботи під назвою «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок» під час вивчення нормативної освітньої компоненти ОПГ та ЦЗ, спрямованої на формування у студентів здатності ідентифікувати, аналізувати та оцінювати потенційні ризики, пов'язані з виробничим середовищем.

Виклад основного матеріалу. На рисунку 1 наведено інтерфейс розробленої комп'ютерної програми, що відтворює компоненти керування реальним лабораторним обладнанням, включаючи ручки, перемикачі, дисплеї та індикатори, сприяє створенню відчуття роботи з фізичними приладами, для реалізації необхідних функцій віртуального стенда для виконання лабораторної роботи з назвою «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок», а також захищена свідоцтвом на твір тобто комп'ютерну програму (Березюк, 2018). Вона включає в себе симуляцію різних лабораторних сценаріїв, які дозволяють студентам експериментувати з різними умовами вимірювання опору розтіканню струму, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок.



а)



б)

Рисунок 1 – Загальний інтерфейс запропонованої комп'ютерної програми для реалізації віртуального лабораторного стенда для виконання лабораторної роботи на тему «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок»: а) вимірювання опору заземлення пристроїв і ґрунту; б) вимірювання опору ізоляції фаз відносно землі

Цей інструмент використовується на кафедрі безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, що входить до складу Вінницького національного технічного університету. Також варто зазначити, що запропонована комп'ютерна програма дозволяє детально відтворювати зовнішній вигляд, імітуючи візуалізацію та інтерфейс управління фізичного лабораторного стенда. Це досягається за рахунок успішного впровадження математичної моделі, що точно відображає функціональні елементи та операційні параметри реального стенда, а також описує залежності вихідних параметрів від вхідних. Інтерфейс програми спроектовано так, щоб максимально відобразити користувацький досвід роботи з фізичним обладнанням, що сприяє кращому освоєнню матеріалу і підготовці до практичних занять. Додатково, віртуальна лабораторія надає можливість налаштовувати параметри експериментів і спостерігати їхній вплив на результати вимірювань, що значно розширює можливості для навчання. Завдяки реалізації математичних моделей, програма може демонструвати, як зміни в умовах експерименту або в параметрах обладнання впливають на вихідні результати, забезпечуючи глибше розуміння процесів і взаємозв'язків. Завдяки цьому підходу студенти отримують можливість вивчати і практикувати складні експериментальні методи у зручному та безпечному середовищі, що забезпечує високу якість навчання та підготовки до реальних лабораторних робіт. Це дозволяє також відтворювати реалістичні симуляції, де студенти можуть бачити, як зміни в налаштуваннях обладнання або умовах експерименту впливають на результати вимірювань. Реалізація математичної моделі для даного запропонованого віртуального лабораторного стенда була виконана за допомогою застосування середовища візуального програмування, що дозволяє створювати ефективні та зручні для користувача інтерфейси, а також забезпечує потужні інструменти для розробки та інтеграції складних математичних моделей, Borland Delphi. Крім цього, віртуальний стенд включає матеріали для самостійного вивчення, які охоплюють теоретичні основи електробезпеки, методи вимірювання та аналізу, а також інструкції щодо виконання конкретних завдань. Це дозволяє студентам не лише виконувати лабораторні роботи, але й глибше розуміти фундаментальні принципи, що лежать в основі досліджуваних явищ. Також потрібно відзначити, що описана вище лабораторна робота структурно є частиною дистанційного курсу, що забезпечує студентам зручний доступ до навчальних матеріалів і практичних завдань, з освітньої компоненти «Основи охорони праці», який був раніше розроблений Березюком (2008). Це дозволяє забезпечити гнучкість у навчальному процесі та підвищити рівень підготовки студентів у сфері охорони праці.

Черговість виконання дослідження за допомогою запропонованого віртуального лабораторного стенда є аналогічною до проведення експериментального дослідження в реальних умовах. Програма надає інтерактивні інструкції з використання віртуального стенда, що сприяє полегшенню процесу навчання та освоєнню студентами складних вимірювальних процедур. Настанова щодо використання запропонованої комп'ютерної програми цього віртуального лабораторного стенда містить покрокові описи дій, необхідні для початку роботи з віртуальним стендом, налаштування параметрів експерименту, проведення вимірювань та аналізу результатів, що сприяє інтерактивному навчанню, де студенти можуть одразу застосовувати теоретичні знання на практиці, що підвищує ефективність засвоєння матеріалу і забезпечує більш глибоке розуміння навчального контенту.

Лабораторна робота виконується за наступним алгоритмом:

1. Обрати пункт під назвою «Теоретичні відомості», що входить до складу меню «Файл» з метою ознайомлення із теоретичними відомостями стосовно виконання даної лабораторної роботи.
2. Закрити або звернути вікно із прочитаними теоретичними відомостями.
3. Обрати пункт під назвою «Виконання роботи» меню «Файл» з метою появи зображення загального вигляду лабораторного стенда.
4. Виконати натиснення кнопки «Вимірювання опору».
5. Використовуючи віртуальний омметр виміряти значення електричного опору заземлення, що відповідає вимірювальному інтервалу $\times 1$, запивши виміряне значення у таблицю.
6. Виконати натиснення кнопки ►, що імітує поворотний перемикач, для перемикання омметра у вимірювальний діапазон $\times 0,1$.
7. Використовуючи віртуальний омметр виміряти значення електричного опору заземлення, що відповідає вимірювальному інтервалу $\times 0,1$, запивши виміряне значення у таблицю.
8. Виконати натиснення кнопки ►, що імітує поворотний перемикач, для перемикання омметра у вимірювальний діапазон $\times 0,01$.
9. Використовуючи віртуальний омметр виміряти значення електричного опору заземлення, що відповідає вимірювальному інтервалу $\times 0,01$, запивши виміряне значення у таблицю.
10. Визначити середнє арифметичне значення опору заземлення згідно результатів, отриманих

в пп. 5, 7 та 9.

11. Виконати натиснення кнопки ►, що імітує поворотний перемикач, для переходу до початку процесу вимірювання опору ґрунту у вимірювальному діапазоні $\times 1$.

12. Використовуючи віртуальний омметр виміряти значення електричного опору ґрунту, що відповідає вимірювальному інтервалу $\times 1$, записавши виміряне значення у таблицю.

13. Виконати натиснення кнопки ►, що імітує поворотний перемикач, для перемикання омметра у вимірювальний діапазон $\times 0,1$.

14. Використовуючи віртуальний омметр виміряти значення електричного опору ґрунту, що відповідає вимірювальному інтервалу $\times 0,1$, записавши виміряне значення у таблицю.

15. Визначити середнє арифметичне значення опору ґрунту згідно результатів, отриманих в пп. 12 та 14.


16. Виконати натиснення кнопки «Вимірювання опору ізоляції».

17. Використовуючи віртуальний мегомметр виміряти значення електричного опору ізоляції між окремими фазами ВС, записавши виміряне значення у таблицю.

18. Виконати натиснення кнопки ►, що імітує поворотний перемикач, для переходу до визначення електричного опору ізоляції між окремими фазами АВ.

19. Виконати послідовно повторення пп. 17 та 18 для інших опорів ізоляції: АВ, АС, С0, В0, А0.

20. Використовуючи натиснення кнопок ◀ та ►, що імітують поворотний перемикач, можна здійснити повернення до будь-якого пункту виконання даної лабораторної роботи, а також продовжити її виконання також з будь-якого пункту.

21. Виконати збереження таблиці результатів у форматі текстового файлу для подальшого оформлення звіту з лабораторної роботи, шляхом натиснення кнопки  або вибравши відповідний пункт під назвою «Зберегти результати», що входить до складу меню «Файл».

Впровадження інформатизаційних процесів в усі галузі освіти є дуже важливим кроком у процесі забезпечення підготовки фахівців на високому рівні. Інтерактивні методи навчання створюють можливості для реалізації реалістичних сценаріїв, що допомагає студентам не лише засвоювати теоретичні знання, а й застосовувати їх на практиці в умовах, максимально наближених до реальних. Використання віртуального лабораторного стенда під час освітнього процесу гармонійно інтегрується з сучасними концепціями педагогічної науки та дозволяє більш раціонально використовувати регламентований час занять під час освітнього процесу, а також виконувати лабораторні роботи поза межами спеціалізованих аудиторій, дозволяє студентам більш глибоко залучатися до навчання, забезпечує гнучкість у вивченні матеріалу, а також сприяє розвитку критичного мислення, навичок вирішення проблем, прийняття рішень і роботи в команді, що є важливими компонентами професійної діяльності. Це підвищує здатність студентів застосовувати отримані знання на практиці та їхню готовність до виконання подібних завдань у реальних виробничих умовах.

На початку проведення лабораторної роботи під назвою «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж і електроустановок» здобувачі освіти проходять тестову перевірку набутих теоретичних знань за допомогою спеціально розробленої авторської комп'ютерної програми (Березюк, 2016b, 2017) і є першим етапом для оцінювання рівня підготовки студентів перед виконанням практичних завдань, а також закріплення теоретичних аспектів, які є ключовими для успішного проведення лабораторної роботи (Березюк, Березюк, 2016), і яка може також застосовуватись в освітньому процесі під час запровадження дистанційної форми навчання (Бондаренко та ін., 2020). Використання цієї програми дозволяє не лише перевірити наявність базових знань, але й допомагає студентам ідентифікувати прогалини у своєму розумінні, що сприяє більш ефективному навчанню (Березюк та ін., 2014).

Висновки і перспективи подальших наукових досліджень. Відтак, застосування віртуального стенда для виконання лабораторної роботи, а також комп'ютерних тестів для оцінювання та перевірки знань студентів є інноваційним і сучасним методом навчання. Усе це в комплексі створює оптимальні умови для процесу навчання, що дозволяє студентам опановувати практичні навички в інтерактивному середовищі з реалізацією можливостей зворотнього зв'язку та он-лайн оцінювання знань. Такий метод підвищує ефективність освітнього процесу, забезпечує доступність і зручність проведення навчальних занять і тестувань незалежно від місця та часу. Впровадження цієї технології в освітній процес значно покращує загальні результати студентів, підвищує їхню мотивацію до навчання та забезпечує глибше розуміння предмету. Такий підхід варто активно впроваджувати в освітній процес не лише для покращення результатів навчання, але й для забезпечення якісної підготовки фахівців, готових до

реальних виробничих викликів, що робить їх більш конкурентоспроможними на ринку праці, та сприяння інтеграції України в глобальну систему вищої освіти та у світове і європейське освітнє співтовариство. Розширення використання аналогічних технологій для інших лабораторних робіт згаданої дисципліни, як показала практика, дозволило значно покращити освітній процес та вимагає проведення подальших ретельних систематичних наукових досліджень і експериментів для оцінювання їхньої ефективності, здатності студентів застосовувати отримані знання на практиці, мотивації та зацікавленості студентів у навчанні, впливу на процес навчання, сприянню розвитку критичного мислення, навичок вирішення проблем та прийняття рішень, які є важливими компонентами професійної діяльності. Це передбачає проведення педагогічного експерименту для порівняння результатів навчання студентів, що використовують віртуальні лабораторії, з тими, хто проходить навчання за традиційною методикою з використанням фізичних лабораторних установок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Березюк, Л. Л., & Березюк, О. В. (2016). *Тестова комп'ютерна перевірка знань студентів із дисципліни «Медична підготовка»*, Науково-методичні орієнтири професійного розвитку особистості: тези доповідей учасників IV Всеукраїнської науково-методичної конференції, Вінниця: ТОВ «Меркьюрі-Поділля».
- Березюк, О. В. (2008). *Основи охорони праці: дистанційний курс*. ВНТУ. URL: <http://www.elearn.vstu.edu.ua>.
- Березюк, О. В. (2016a). *Використання віртуальних лабораторних стендів для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи охорони праці»*, Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології в процесі підготовки фахівців». Вінниця: ВНТУ.
- Березюк, О. В. (2016b). Застосування комп'ютерних технологій під час вивчення студентами дисциплін циклу безпеки життєдіяльності. *Педагогіка безпеки*, 1, 6-10.
- Березюк, О. В. (2017). Використання віртуального лабораторного стенда для проведення лабораторної роботи «Дослідження ефективності освітлення у виробничих приміщеннях». *Педагогіка безпеки*, 1, 35-39.
- Березюк, О. В. (2018). *Комп'ютерна програма «Віртуальний стенд для виконання лабораторної роботи «Вимірювання опору розтіканню струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж та електроустановок»» («OP_LR_8»)*. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 76877. К.: Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. Дата реєстрації: 15.02.2018.
- Березюк, О. В., & Лемешев, М. С. (2009). *Охорона праці в галузі радіотехніки: навчальний посібник*. Вінниця: ВНТУ.
- Березюк, О. В., Лемешев, М. С., & Віштак, І. В. (2014). *Комп'ютерна програма для тестової перевірки рівня знань студентів*, Тезиси науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів «Інформатика, управління та штучний інтелект». Харків: НТУ «ХПІ».
- Бондаренко, Є. А., Дрончак, В. О., Дупляк, Р. Я., Кобилянський, О. В., & Терещенко, О. П. (2007). *Охорона праці у галузі. Лабораторний практикум*. Вінниця: ВНТУ.
- Бондаренко, З. В., Кирилашук, С. А., & Коломієць, А. А. (2020). Особливості тестування студентів під час дистанційної форми навчання вищої математики в технічному університеті. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, 1 (73), 182-186.
- Віштак, І. В., & Березюк, О. В. (2023). *Охорона праці в галузях механічної інженерії та транспорту: навчальний посібник*. Вінниця: ВНТУ.
- Клочко, В. І., Клочко, О. В., & Коломієць, А. А. (2017). Реалізація проектного методу навчання студентів засобами інтерактивних інформаційних технологій. *Pedagogy and Psychology*, 28-31.
- Коломієць, А. А. (2017). Інтегративний підхід в процесі формування змісту фундаментальної підготовки з математики майбутніх інженерів. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, 3 (10), 13-17.
- Крилов, В. С. (2012). Комп'ютерний зір: інноваційний віртуальний лабораторний практикум. *Науковий часопис НПУ імені МП Драгоманова. Серія 2: Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання*, (13), 181-185.
- Кулініч, С. П., & Єременко, А. О. (2016). *Віртуальний лабораторний стенд для дослідження елементів гідравлічного привода*, Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма IV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. Суми: СумДУ.

- Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. (2011). *Типова навчальна програма нормативної дисципліни «Охорона праці в галузі» для вищих навчальних закладів*. Київ: МОНМСУ.
- Панченко, Б. М., & Гудков, С. М. (2016). *Віртуальний лабораторний стенд для дослідження сальникових ущільнень*, Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма IV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції. Суми: СумДУ.
- Петрицин, І. (2013). Електротехнічна підготовка майбутнього вчителя технологій із використанням віртуального лабораторного практикуму. *Молодь і ринок*, (12), 70-75.
- Цирульник, С. М., & Роптанов, В. І. (2010). Комп'ютеризований лабораторний віртуальний стенд. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 4, 94-98.
- Чеховський, С. А., Піндус, Н. М., Витвицька, Л. А., Остапів, В. В., Долішня, Н. Б., Белей, С. М., & Прудніков, Б. І. (2010). Розробка віртуальних лабораторних стендів для вимірювання тиску, температури та витрати. *Системи обробки інформації*, 4 (85), 77-80.
- Шкурпат, А. В., & Гасюк, О. М. (2018). Ефективність віртуальних лабораторних практикумів з фізіології людини і тварин у структурі підготовки фахівця-біолога. *Інформаційні технології в освіті*, (1), 62-70.

REFERENCES

- Bereziuk, L. L., & Bereziuk, O. V. (2016). *Testova kompiuterna perevirka znan studentiv iz dystsypliny «Medychna pidhotovka»* [Test computer examination of students' knowledge of the discipline «Medical training»], *Naukovo-metodychni oriientyry profesiinoho rozvytku osobystosti: tezy dopovidei uchasnykiv IV Vseukrainskoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, Vinnytsia: TOV «Merkiuri-Podillia». [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V. (2008). *Osnovy okhorony pratsi: dystantsiyni kurs* [Basics of labor protection: distance course]. VNTU. URL: <http://www.elearn.vstu.edu.ua>. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V. (2016a). *Vykorystannia virtualnykh laboratornykh stendiv dlia provedennia laboratornykh robot z dystsypliny «Osnovy okhorony pratsi»* [The use of virtual laboratory stands for conducting laboratory work in the discipline «Fundamentals of occupational health and safety»], *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Innovatsiini tekhnologii v protsesi pidhotovky fakhivtsiv»*. Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V. (2016b). *Zastosuvannia kompiuternykh tekhnologii pid chas vyvchennia studentamy dystsyplin tsykladu bezpeky zhyttiediialnosti* [The use of computer technologies during students' study of life safety cycle disciplines]. *Pedahohika bezpeky*, 1, 6-10. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V. (2017). *Vykorystannia virtualnogo laboratornogo stenda dlia provedennia laboratornoi roboty «Doslidzhennia efektyvnosti osvittennia u vyrobnychkykh prymishchenniakh»* [The use of a virtual laboratory stand for laboratory work «Investigation of the effectiveness of lighting in production premises»]. *Pedahohika bezpeky*, 1, 35-39. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V. (2018). *Kompiuterna prohrama «Virtualnyi stend dlia vykonannia laboratornoi roboty «Vymiriuvannia oporu rozতিকання струму заземлюючих пристроїв, питомого опору ґрунту, ізоляції мереж та електроустановок»» («OP_LR_8»)* [Computer program «Virtual stand for performing laboratory work «Measurement of resistance to current flow of grounding devices, soil resistivity, insulation of networks and electrical installations» («OP_LR_8»)]. *Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 76877*. К.: Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy. Data reiestratsii: 15.02.2018. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V., & Lemeshev, M. S. (2009). *Okhorona pratsi v haluzi radiotekhniki: navchalnyi posibnyk* [Occupational health and safety in the field of radio engineering: a study guide]. Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].
- Bereziuk, O. V., Lemeshev, M. S., & Vishtak, I. V. (2014). *Kompiuterna prohrama dlia testovoi perevirky rinvnia znan studentiv* [A computer program for testing students' knowledge level], *Tezysy naukovo-tekhnichnoi konferentsii studentiv, mahistriv ta aspirantiv «Informatyka, upravlinnia ta shtuchnyi intelekt»*. Kharkiv: NTU «KhPI». [in Ukrainian].
- Bondarenko, Ye. A., Dronchak, V. O., Dupliak, R. Ya., Kobylianskyi, O. V., & Tereshchenko, O. P. (2007). *Okhorona pratsi u haluzi. Laboratornyi praktykum*. [Labor protection in the industry. Laboratory practice.] Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].
- Bondarenko, Z. V., Kyrylashchuk, S. A., & Kolomiets, A. A. (2020). *Osoblyvosti testuvannia studentiv pid chas dystantsiinoi formy navchannia vyshchoi matematyky v tekhnichnomu universyteti* [Peculiarities

- of testing students during distance learning of higher mathematics at a technical university]. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh*, 1 (73), 182-186. [in Ukrainian].
- Chekhovskiy, S. A., Pindus, N. M., Vytvytska, L. A., Ostapiv, V. V., Dolishnia, N. B., Belei, S. M., & Prudnikov, B. I. (2010). Rozrobka virtualnykh laboratornykh stendiv dlia vymiriuвання tysku, temperatury ta vytraty [Development of virtual laboratory stands for measuring pressure, temperature and flow]. *Systemy obrobky informatsii*, 4 (85), 77-80. [in Ukrainian].
- Klochko, V. I., Klochko, O. V., & Kolomiets, A. A. (2017). Realizatsiia proektnoho metodu navchannia studentiv zasobamy interaktyvnykh informatsiinykh tekhnolohii [Implementation of the project method of teaching students by means of interactive information technologies]. *Pedagogy and Psychology*, 28-31. [in Ukrainian].
- Kolomiets, A. A. (2017). Intehrativnyi pidkhid v protsesi formuvannia zmistu fundamenatalnoi pidhotovky z matematyky maibutnikh inzheneriv [An integrative approach in the process of forming the content of fundamental training in mathematics for future engineers]. *Naukovi zapysky. Serii: Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity*, 3 (10), 13-17. [in Ukrainian].
- Krylov, V. S. (2012). Kompiuternyi zir: innovatsiinyi virtualnyi laboratornyi praktykum [Computer vision: an innovative virtual laboratory workshop]. *Naukovyi chasopys NPU imeni MP Drahomanova. Serii 2: Kompiuterno-orientovani systemy navchannia*, (13), 181-185. [in Ukrainian].
- Kulinich, S. P., & Yeremenko, A. O. (2016). *Virtualnyi laboratornyi stend dlia doslidzhennia elementiv hidravlichnoho pryvoda* [Virtual laboratory stand for the study of hydraulic drive elements], Suchasni tekhnolohii u promyslovomu vyrobnytstvi: materialy ta prohrama IV Vseukrainskoi mizhvuzivskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Sumy: SumDU. [in Ukrainian].
- Ministerstvo osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrainy. (2011). *Typova navchalna prohrama normatyvnoi dysypliny «Okhorona pratsi v haluzi» dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv* [Standard curriculum of the regulatory discipline «Occupational safety in the industry» for higher education institutions]. Kyiv: MONMSU. [in Ukrainian].
- Panchenko, B. M., & Hudkov, S. M. (2016). *Virtualnyi laboratornyi stend dlia doslidzhennia salnykovykh ushchilnen* [Virtual laboratory stand for the study of oil seals], Suchasni tekhnolohii u promyslovomu vyrobnytstvi: materialy ta prohrama IV Vseukrainskoi mizhvuzivskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. Sumy: SumDU. [in Ukrainian].
- Petrytsyn, I. (2013). Elektrotekhnichna pidhotovka maibutnoho vchytelia tekhnolohii iz vykorystanniam virtualnoho laboratornoho praktykumu [Electrical training of the future technology teacher using a virtual laboratory workshop]. *Molod i rynek*, (12), 70-75. [in Ukrainian].
- Shkuropat, A. V., & Hasiuk, O. M. (2018). Efektyvnist virtualnykh laboratornykh praktykumiv z fiziolohii liudyny i tvaryn u strukturi pidhotovky fakhivtsia-biolooha [Effectiveness of virtual laboratory workshops on human and animal physiology in the structure of training of a specialist biologist]. *Informatsiini tekhnolohii v osviti*, (1), 62-70. [in Ukrainian].
- Tsyurulnyk, S. M., & Roptanov, V. I. (2010). Kompiuteryzovanyi laboratornyi virtualnyi stend [Computerized laboratory virtual stand]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 4, 94-98. [in Ukrainian].
- Vishtak, I. V., & Bereziuk, O. V. (2023). *Okhorona pratsi v haluziakh mekhanichnoi inzhenerii ta transportu: navchalnyi posibnyk* [Occupational health and safety in the fields of mechanical engineering and transport: a study guide]. Vinnytsia: VNTU. [in Ukrainian].

Березюк Олег – д. т. н., доцент, професор кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

FEATURES OF THE LABORATORY WORK «MEASURING RESISTANCE TO THE SPREADING CURRENT OF GROUNDING DEVICES, SOIL RESISTANCE, INSULATION OF NETWORKS AND ELECTRICAL INSTALLATIONS» WITH THE HELP OF A VIRTUAL LABORATORY BENCH

Bereziuk Oleh – Doctor Sc. (Engineering), Associated Professor, Professor of the Chair Security of Life and Safety Pedagogic, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

The materials of this scientific article consider the possibility of using a virtual laboratory stand during the laboratory work carried out by students of higher education institutions under the name «Measurement of the resistance to the spread of the current of grounding devices, the specific resistance of the soil, the insulation

of networks and electrical installations». This laboratory work is included in the curriculum of the normative educational component «Occupational safety in the industry and civil protection». The article examines the specific advantages of using a virtual stand, in particular its role in improving the quality of the educational process, expanding access to resources, and optimizing educational costs.

The purpose of this article is to consider the main possibilities of using the proposed virtual laboratory stand as an innovative approach in the study of complex technical processes and ensuring a high level of training during laboratory work on the topic «Measurement of resistance to the spread of current of grounding devices, soil resistivity, insulation of networks and electrical installations».

This laboratory work is a component of the curriculum of the normative educational component aimed at forming in students the ability to identify, analyze and evaluate potential risks associated with the production environment, and which is entitled «Occupational Safety and Civil Protection». Particular attention is paid to the methodology of conducting laboratory work using a virtual stand, including steps for configuring the software, algorithms for performing measurements and analyzing the received data. Methods of simulating various measurement conditions are described in detail, allowing students to practice scenarios that would be difficult or dangerous to implement in real conditions.

In the materials of the article, an overview of the interface and functionality of the developed computer program, which reproduces the control components of real laboratory equipment and is intended for the implementation of the functions of a virtual laboratory stand, is reviewed, the key capabilities of the proposed program are described, including the simulation of various laboratory scenarios and the availability of theoretical materials necessary for preparing and conducting a laboratory session, as well as a detailed reproduction of the appearance and control components of real experimental laboratory equipment, which contributes to the creation of a feeling of working with physical devices, the implementation of mathematical models that accurately describe the dependence of output parameters on input parameters. It was also found that the use of similar technologies during other laboratory works from the above-mentioned normative educational component requires further thorough systematic research and publication of their results.

Key words: virtual laboratory stand; interactive information technologies; laboratory work; labor protection in the industry; resistance measurement; current spreading; grounding; grounding device; soil resistivity; isolation.

Дата надходження статті до редакції, 27 лютого 2024 р.