

УДК 378.048.2 + 378.21 + 001.18

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-6\(47\)-671-684](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-6(47)-671-684)

Ліщина Валерій Олександрович кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук, факультет комп'ютерних та інформаційних технологій, Луцький національний технічний університет, Луцьк, тел.: (067) 264-24-62, <https://orcid.org/0000-0002-2371-3850>

Козубцов Ігор Миколайович доктор педагогічних наук, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, тел.: (063)404-84-41, <https://orcid.org/0000-0002-7309-4365>

Глобін Андрій Вікторович науковий співробітник науково-дослідного відділу (технічного забезпечення засобів зв'язку та автоматизації) науково-дослідного управління (розвитку військ зв'язку) Наукового центру зв'язку та інформатизації, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, Київ, тел.: (095) 160-99-10, <https://orcid.org/0000-0001-5335-6869>

ПРО ПОТРЕБУ РОЗУМНОГО ПОЄДНАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ФІЗИЧНОЇ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Анотація. В науковій статті зосереджено увагу на хаотичну тенденцію застосування у закладах вищої освіти віртуальних лабораторних робіт замість фізичних. Застосування віртуальних лабораторних робіт стало можливим внаслідок методичної інновації із застосуванням інтерактивних методів навчання студентів. Аналіз наукових робіт засвідчив, що не можна знижувати роль і значущість реального навчального фізичного експерименту, як провідного методу навчання в закладах освіти. Процес заміщення реального фізичного експерименту віртуальним не може залишати поза уваги проблему розумного поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт. Аналіз останніх досліджень і публікацій дозволив виявити не опрацьований аспект, а саме поза уваги залишилися проблема саме поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт, бо у переважній більшості наукових публікацій розглядалися переваги та недоліки застосування віртуальної лабораторних робіт з погляду комфорту участі освіти. Метою наукової статті є огляд питання про розумне поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у закладах освіти. Як аргументи, в результаті дослідження, наведено яскраві приклади того, що можуть настати безповоротні негативні наслідки. З метою запобігання цьому, автори

наголошують на потребі поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у практиці не лише підготовки здобувачів освіти в закладах освіти, але вже починаючи у загальноосвітніх школах. Результати анкетування думок студентів засвідчили про зростання зацікавленості із застосуванням віртуальної лабораторної роботи. Науковий результат розширює наукові межі педагогічних наук у галузі застосування віртуальної лабораторії у підготовці здобувачів вищої освіти в умовах низької мотивації. Очікується, що дослідження принесе більше академічної та прикладної цінності, якщо подальші дослідження зосередити на вдосконалення педагогічної майстерності викладачів.

Ключові слова: технічна надійність, реальна лабораторна установка, віртуальна лабораторна установка, студент, експеримент.

Lishchyna Valerii Oleksandrovykh Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computer Science, Faculty of Computer and Information Technologies, Lutsk National Technical University, Lutsk, tel.: (067) 264-24-62, <https://orcid.org/0000-0002-2371-3850>

Kozubtsov Ihor Mykolaiovych Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor, Department of Cybersecurity and Computer Engineering, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, tel.: (063) 404-84-41, <https://orcid.org/0000-0002-7309-4365>

Hlobin Andrii Viktorovych researcher of the Research Department (Technical support of communication and automation equipment) of the Research Department (Development of communication forces) of the Scientific Center for Communication and Informatization, Heroiv Krut Military Institute of Telecommunications and Informatization, Kiev, tel.: (095) 160-99-10, <https://orcid.org/0000-0001-5335-6869>

THE NEED FOR A REASONABLE COMBINATION OF VIRTUAL AND PHYSICAL LABORATORY WORK IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract. The scientific article focuses on the chaotic trend of using virtual laboratory work in higher education institutions instead of physical laboratory work. The use of virtual laboratory work became possible as a result of methodological innovation with the use of interactive methods of teaching students. The analysis of scientific papers has shown that the role and importance of a real educational physical experiment as a leading method of teaching in educational institutions cannot be reduced. The process of replacing a real physical experiment with a virtual one cannot ignore the problem of a reasonable combination of virtual and real laboratory work.

An analysis of recent research and publications has revealed an unexplored aspect, namely, the problem of combining virtual and real laboratory work, since the vast majority of scientific publications have considered the advantages and disadvantages of using virtual laboratory work in terms of the comfort of educational participation. The purpose of this article is to review the issue of a reasonable combination of virtual and real laboratory work in educational institutions. As arguments, the study provides vivid examples of the irreversible negative consequences that can occur. In order to prevent this, the authors emphasize the need to combine virtual and real laboratory work in the practice of not only training students in educational institutions, but also in secondary schools. The results of the student opinion survey showed an increase in interest in the use of virtual laboratory work. The scientific result expands the scientific boundaries of pedagogical sciences in the field of using a virtual laboratory in the training of higher education students in conditions of low motivation. It is expected that the study will bring more academic and applied value if further research is focused on improving the pedagogical skills of teachers.

Keywords: technical reliability, real laboratory setup, virtual laboratory setup, student, experiment.

Постановка проблеми. Використання засобів сучасних інформаційних технологій в системі освіти набуло достатньо широкого впровадження. Основні методичні інновації у галузі педагогіки пов'язані сьогодні із застосуванням саме інтерактивних методів навчання.

На переконання дослідників А. Заїка, С. Сисоєва, Л. Петренко, В. Бикова, А. Гуржія, умовою до модернізації системи професійної освіти України є усестороння цифровізація освітнього середовища [1]. Історія розвитку науки і техніки зафіксувала прогнозований свого часу дослідниками-практиками напрямок удосконалення освітнього процесу шляхом використання комп'ютерних форм навчання, який ґрунтується на здобутках В. Беспалько – застосовувати комп'ютера у навчанні дітей в школі, але як допоміжний засіб.

Не можна знижувати роль і значущість реального навчального фізичного експерименту, як провідного методу навчання в закладах освіти. Однак зростаюча тенденція витіснення реального фізичного експерименту віртуальним не може залишати поза уваги проблему розумного поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт. Натомість сучасна практика засвідчила, що інформатизація освіти не являється рішенням проблем навчання здобувачів освіти, це не просте включення сучасних інформаційних засобів навчання у вже існуючий навчальний процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розумного поєднання віртуальних і реальних експериментів неодноразово піднімалися та обговорювалися в наукових конференціях різного рівня та поодиноких статтях.

Питання широкого впровадження елементів віртуальної реальності у віддалену освіту, висвітлено в роботах В. Бикова, К. Волинець [2], Р. Milgram, F Kishino [3], Н. Дементієвська, О. Соколюк [4] та інші.

Проблема має зв'язок з не лише зі Стратегією розвитку вищої освіти в Україні [5], як реалізація раніше схваленої Кабінетом Міністрів України Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки [6].

Що ж таке власне «віртуальна лабораторія»? Над розробкою визначення поняття займалися багато дослідників, серед яких можна згадати І. Галелюка, М. Мазура, С. Петровського, М. Яновського та інші [7; 8]. В науковій доповіді [9] було запропоновано застосування віртуальної лабораторії для первинного опанування основ електротехнічних дисциплін у вищих навчальних закладах.

Тенденція витіснення реального фізичного експерименту віртуальним визначила актуальність обґрунтування та безумовно підкуповує доступність і легкість широкого впровадження комп'ютерної техніки в навчальний процес [10].

Здавалося б, все дуже просто: реальна лабораторна установка – фізичний макет досліджуваного пристрою з набором контрольно-виміральної апаратури – замінюється віртуальною – персональним комп'ютером з симулятором макета і приладів та можна проводити експеримент.

Слід зазначити, що наразі розроблено велику кількість віртуальних лабораторій. Віртуальна лабораторна установка, безсумнівно, має свої переваги, які візуалізують та спрощують сприйняття навчального матеріалу здобувачами освіти [11], допомагають викладачеві (вчителю) більш наочно та безпечно провести різноманітні досліди та експерименти. Малі витрати, висока надійність і ремонтпридатність (досить короткі строки оновити програмне забезпечення або замінити персональний комп'ютер), відносна простота і зручність користування для студента і викладача.

У дослідженні [12] автор переконує, що використання віртуальних лабораторних робіт у навчанні дозволяє ефективно використовувати ресурси та забезпечувати доступність навчального процесу для всіх студентів, а [13], збільшує мотивацію учнів до вивчення фізики, знижує тривалість підготовки до проведення експериментів та дозволяє ефективніше використовувати на уроці. Результати [14; 15] показали, що використання віртуальних лабораторій сприяє розвитку експериментаторської компетентності учнів, зокрема, підвищує рівень їхніх практичних навичок та навичок роботи з технікою.

І варто зазначити про негативну сторону. Проте повна і адекватна імітація з урахуванням не ідеальності радіо компонентів, наявності власних шумів, особливостей джерел живлення, впливу довжини проводів і кабелів, так і електромагнітної обстановки в місці вимірювання практично неможлива.

Виділення аспектів, що недостатньо вивчені. Аналіз останніх досліджень і публікацій дозволив нам виявити не опрацьований аспект, а саме поза уваги

залишилися проблема розумного поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт, так як у переважній більшості наукових публікацій розглядалися переваги та недоліки застосування віртуальної лабораторних робіт з точки зору комфорту участі освіти.

Мета статті – огляд питання про розумне поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у закладах освіти.

Методологічна основа дослідження. Методологічною основою дослідження є ідеї Л. Виготського, П. Гальперіна, Ю. Бабанського, С. Рубінштейна (педагогічна психологія). Так, базовою теорією для ефективного навчання є теорія використання комп'ютерних форм навчання В. Беспалько, а також «випереджаючого навчання» (М. Нечкіна, 1984; С. Лисенкова, 1988) або теорія «перевернутого класу» (Bergmann J., Sams A., 2012 [16]), за яких первинна віртуальна лабораторна робота можна розглядати як випереджаючу перед основною в аудиторії. В результаті утворюється змішане навчання.

Результат дослідження. Варто зазначити, що експеримент є важливим засобом отримання нових знань. У методології наукових дослідженнях під експериментом прийнято розуміти метод дослідження, який полягає в цілеспрямованій дії на об'єкт в заданих контрольованих умовах, що дозволяють стежити за ходом його проведення з точною фіксацією значень наперед намічених параметрів досліджуваного об'єкту.

Експериментальні дослідження дають критерії оцінки обґрунтованості й прийнятності на практиці будь-яких теорій і теоретичних уявлень.

Експерименти за організацією проведення поділяються на лабораторні, натурні тощо.

Навчальна діяльність здобувачів освіти передбачає такий вид навчального заняття як лабораторну роботу, що включає експеримент. Експеримент є яскравим прикладом навчання, що ґрунтується на діяльнісному підході (Л. Виготський, П. Гальперін, О. Леонтьєв, В. Шадриков, В. Юдін та ін.).

При виконанні фізичного і віртуального експерименту важливою відмінною складовою є сенсорні відчуття реальної діяльності. Про це ми акцентуємо на окремих прикладах. Попри все все-таки реальна лабораторна установка дає можливість ознайомитися з основами роботи на радіоапаратурі в умовах реального життя на виробництві.

Правда тут доводиться стикатися знову ж з реаліями нашого життя, а саме часом невиправдано висока ціна вимірювальної апаратури, дороге обслуговування і підтримання в робочому стані, необхідність проведення знову ж дорогих поточних ремонтів і заміна зношених деталей.

За умови фінансування з залишковим принципом не всі ЗВО мають можливість витратити на витратні матеріали з однієї сторони та складність їх списування з фінансового балансу.

Але захоплення віртуальними експериментами та ігнорування реального приводить до того, що нерідкі ситуації, коли студенти випускних курсів відчують серйозні труднощі навіть у простому підключенні приладів до макету. Наприклад віртуальне навчання з правильного обтиску конектора RJ-45 (рис. 1). Для початку обтиску може здатися занадто легкою процедура а насправді ні.

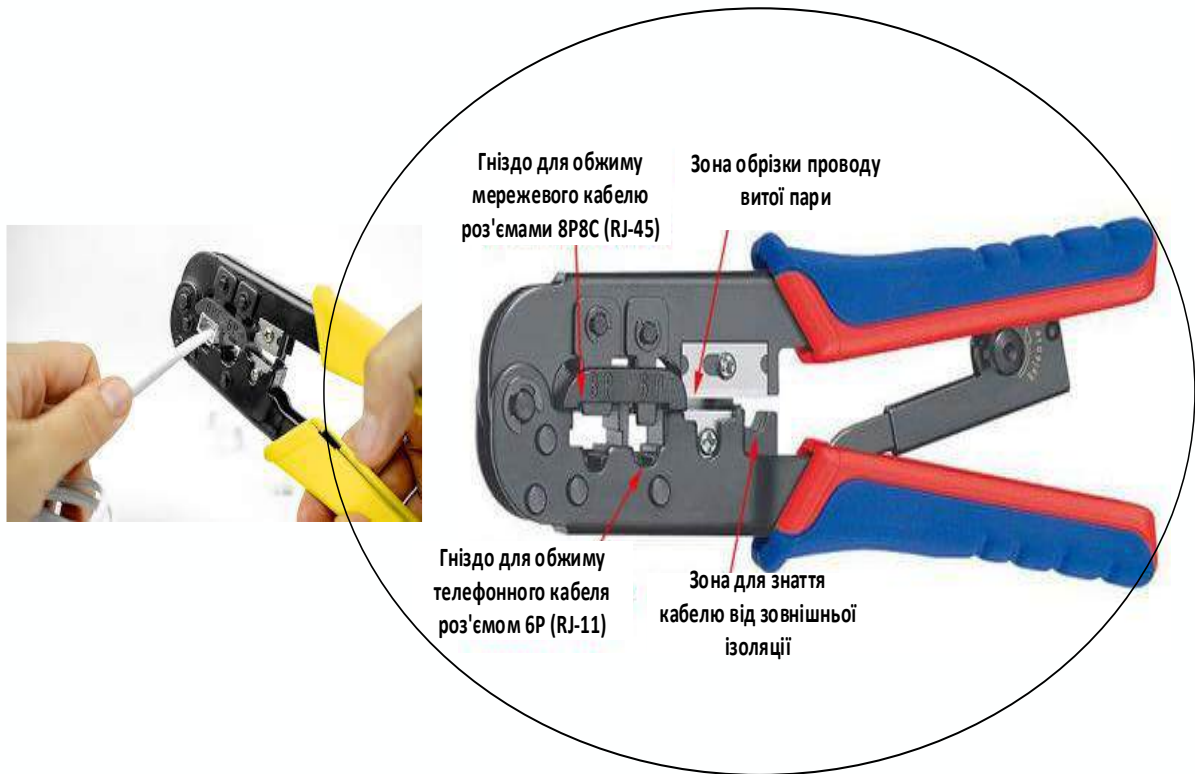


Рис. 1. Фрагмент обжиму конектора RJ-45

Труднощі в цьому опануванні обтиску у віртуальному середовищі — набити фахівцеві руку та не ламати конектори в реальності.

В реальності знадобиться не один конектор. Якщо фахівець робить це вперше, потрібно бути готовим до помилок через недосвідченість і запаситися додатковими конекторами.

Далі потрібен сам кабель, який буде обтисненим. І не обійтися без інструменту для обтиску — ним може стати якісний крімпер.

Тому, перш за все необхідно вивчити порядок розташування провідників в контактних пазах, які рахуються зліва направо (див. рис. 2).

На цьому прикладі зручно усвідомити, що віртуальний експеримент є гарним методом навчання здобувачів освіти та допуском до проведення фізичного (натурного) експерименту. Адже важливо з'ясувати з якою силою тиснути на крімпер під час обжиму.

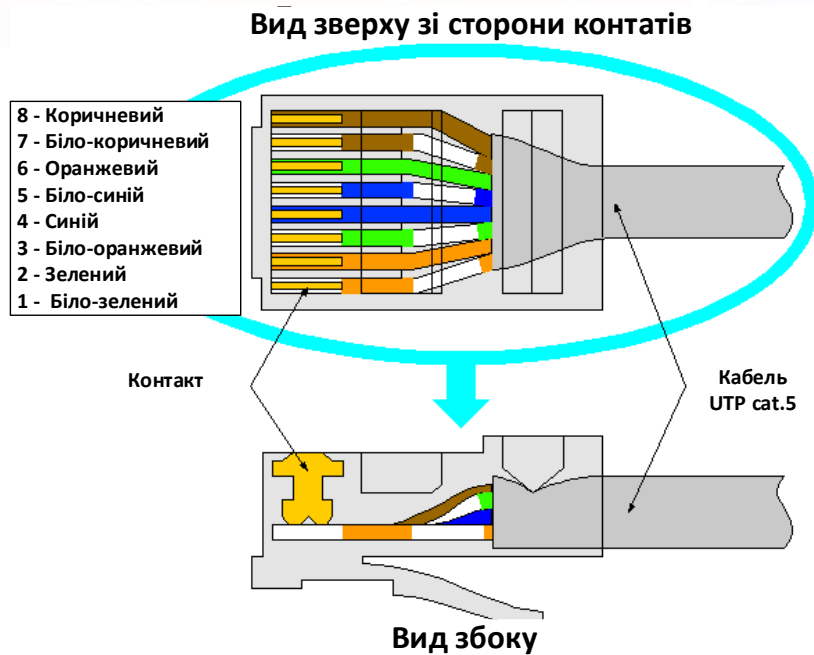


Рис. 2. Порядок розташування провідників в контактних пазах конектора RJ-45

Таким чином, за рахунок використання віртуальних лабораторних робіт реалізовується можливість підвищити ефективність інструменту формування експериментаторської компетенції у студентів [17]. З іншої сторони зекономити кількість конекторів RJ-45 у разі помилкових дій студента (невірно розташував провідників в контактних пазах конектора RJ-45. І в результаті майбутній шнур може раптово привести до виходу з ладу комп'ютер без попередження [18].

Інший яскравим прикладом для фахівців радіотехніки вихід з працевдатного стану радіотехнічного приладу телекомунікації у разі помилкової зміни полюсів напруги або рівня. В окремих випадках може відбутися навіть загорання. Даний приклад не доречно демонструвати в натурному фізичному експерименті. Віртуальний експеримент в даному випадку допоможе.

Всі розуміють (автори на це сподіваються), що не можна допускати до штурвала літка пілота з досвідом «польотів» виключно на симуляторі або запускати в операційну хірурга, який тримав до цього тільки віртуальний скальпель. Здавалося б, причому тут радіоінженери, адже до них безпосередньо це не відноситься. Сучасна практика показала, що не завжди комп'ютерний експеримент себе повністю виправдовує. Якісь приховані і невраховані при комп'ютерному моделюванні фактори можуть стати початком великої катастрофи і навіть призвести до загибелі людей, якщо інцидент відбувається, наприклад, у польоті літака. Наведений епізод досить реалістичний і повчальний для всього іншого інженерного світу.

На основі наведених вище доводів для покращення якості підготовки фахівців необхідно створити у ЗВО такі умови, коли комп'ютерна або віртуальна лабораторна робота проводиться виключно з метою підготовки до реальної роботи, а не як її заміна. Потрібно об'єднати переваги реальної і віртуальної лабораторної установки в одному занятті. Для цього спочатку здобувач освіти досліджує ідеалізований віртуальний лабораторний макет і знайомиться з основними принципами його побудови, роботи і вимірювання основних параметрів. Потім він повторює виконання лабораторної роботи, але вже на реальному макеті з реальними приладами. Причому це практичне закріплення теоретичних навичок бажано проводити саме на цьому ж занятті, щоб набуті знання якомога швидше знайшли своє застосування. Зі зрозумілих причин на проведення такого комбінованого експерименту потрібно більше сумарного часу. Вже не вистачить тих двох годин, які зараз плануються на кожну лабораторну роботу. Зараз всі захопилися впровадженням ефективних на перший погляд «сучасних інформаційних технологій». Прихильники «компактних» форм навчання можуть тут порекомендувати зменшити обсяг усього експерименту, щоб вкластися в ті ж часові рамки. Але справа тут не в кількості часу, необхідного на експеримент. Занадто дорого ціну доведеться заплатити згодом за усунення прогалин в освіті через наївне захоплення модними тенденціями. І не варто забувати про первинну мету, яка переслідується при проведенні реальних експериментів виховання свідомих і грамотних фахівців. Не мало важним є формування методологічної культури підготовки, постановки і власне етапу проведення експериментів в лабораторії.

Експериментальна частина дослідження та обговорення результатів.

Методика проведення дослідження. Для перевірки ефективності застосованого віртуальної лабораторії для стимулювання мотивації до навчання авторами проведено експрес анкетування здобувачів освіти для з'ясування остаточних думок респондентів.

При опитуванні респонденти могли обирати кілька варіантів відповідей. Всього було опитано 60 респондентів по 20 з закладів вищої освіти Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут (ВІТІ); Луцький національний технічний університет, (ЛНТУ); Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА).

Критерії, показники та параметри, за якими оцінювались.

Перелік запитань (анкети), які пропонувалися респондентам подано в табл. 1. Респонденти мали можливість обрати один варіант відповідей та ставили знак «+» навпроти відповідного поля. Підрахунок здійснювався шляхом простого підсумовування.

Безумовно це не остаточні переконливі дані та потребують подальших глибокого досліджень та спостережень.

Таблиця 1

Перелік запитань (анкети)

№ п\п	Зміст запитання	Відповідь	
		Так	Ні
1.	Чи корисним було спроба обтиску конектора RJ-45 у віртуальному середовищі?		
2.	Чи відчуваєте труднощі обтиску конектора RJ-45 відразу після відпрацювання у віртуальному середовищі без практичного виконання?		
3.	Чи мало місце помилки порядку розташування провідників в контактних пазах конектора RJ-45 після виконання у віртуальному середовищі?		
4.	Чи потрібно на Вашу думку спочатку відпрацювати обтиску конектора RJ-45 у віртуальному середовищі?		
5.	Чи потрібні лабораторні роботи у віртуальному середовищі до навчання?		
6.	Чи мали можливість дистанційно у зручний час виконати лабораторні роботи у віртуальному середовищі?		

Результати опитування. Розподіл відповідей респондентів подано в табл. 2.

Таблиця 2

Результати опитування. Розподіл відповідей респондентів

Запитання	Розподіл відповідей респондентів							
	ВІТІ		КНУБА		ЛНТУ		Підсумок	
	так	ні	так	ні	так	ні	так	ні
1.	18	2	20	0	19	1	57	3
2.	17	3	12	8	13	7	42	18
3.	16	4	12	8	13	7	41	19
4.	19	1	20	0	20	0	59	1
5.	19	1	20	0	18	2	57	3
6.	15	5	19	1	14	6	48	12

Так, результати опитування думок здобувачів освіти свідчать про зростання зацікавленості із застосуванням віртуальної лабораторної роботи. Одержані результати не суперечать раніше відомому твердженні [19] та такі що, трансформуються для радіотехніки та телекомунікації.

Поєднання реальної та віртуальної лабораторної роботи формує змішане

навчання. Якщо віртуальну лабораторну відвести на самостійне опрацювання і таким чином спробувати підвищити академічну успішність студентів на основі їх часу, витраченого на позааудиторну діяльність з використанням комплексу лабораторних робіт у форматі комп'ютерної гри. Адаже аналіз академічної успішності студентів на основі їх часу, витраченого на позакласну діяльність з використанням методів машинного навчання підтверджує ефективність навчання, як стверджують автори публікації [20]. Розумний баланс поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у практиці підготовки здобувачів освіти буде сприяти розвитку сучасного інтелектуального потенціалу держави – людей. У сучасну епоху, коли глобалізація має масовий характер, інтелектуальний потенціал населення став одним із факторів соціально-економічного та інноваційного прогресу [21].

Висновки. Таким чином, дійсно за результатами дослідження ми переконані, що використання засобів сучасних інформаційних технологій в тому числі електронних лабораторних устаткувань в системі освіти не повинно стати самоціллю, як тренд. Адаже не можна знижувати роль і значущість реального навчального фізичного експерименту, як провідного методу навчання в закладах вищої освіти. Наведені практичні приклади в котрі наочно підтверджують фундаментальний принцип єдності теорії та практики, а в даному випадку має бути логічний баланс між віртуальною (теоретичною) та реальною (практичною) лабораторною роботою.

Наукова новизна. Вперше на кафедрах ВІТІ розроблено методику викладання дисциплін освітніх компонентів на основі комплексного і раціонального підходу поєднання віртуальних та реальних лабораторних робіт, з метою підвищення зацікавленості здобувачів освіти у набутті власного навчального квазіпрофесійного досвіду. Розумний баланс поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у практиці підготовки здобувачів освіти варто розпочинати вже у загальноосвітніх школах на уроках природничого спрямування (фізики, хімії, тощо).

Отриманий авторами науковий результат розширює наукові межі педагогічних наук у галузі застосування віртуальної лабораторії у підготовці здобувачів вищої освіти в умовах низької мотивації та обмежених фінансувань на витратні ресурси. Таким чином, збагачується суспільство знаннями та системою єдності філософії освіти та теорії і методики професійної освіти.

Практичне значення отриманого результату. Можливе використання комп'ютерної техніки, як основи для віртуальних лабораторних робіт, при підготовці фахівців з інформаційних технологій.

Віртуальні лабораторні роботи мають бути орієнтовані на підтримку вивчення природничих дисциплін, а також можуть використовуватися з метою ознайомлення з методикою проведення експериментів, фіксації вимірів,

формування навичок складання звітів, інтерпретації даних. Рационально віртуальні лабораторні роботи розробляти як для дистанційної форми навчання, за денною так і заочною формами навчання.

Це дає можливість студентам самостійно організувати і проводити віртуальний експеримент та спостереження над процесами, формує суб'єктивний досвід при розв'язуванні нестандартних та проблемних ситуацій і при цьому забезпечує повну безпечність дослідів. Крім того, віртуальні лабораторні роботи зменшують матеріальні витрати на навчально-методичне забезпечення навчального процесу; автоматизують окремі види робіт, і, як наслідок, підвищують ефективність навчального процесу.

Обмеження в застосуванні результату. Підтверджено, що групу людей, які найбільш залежні від комп'ютерної гри, можна вважати повністю кіберсоціалізованою і, як показує практика, важко мотивувати до навчання традиційними підходами, коли присутній відволікаючий і, певною мірою, азартний фактор. Водночас зазначається, що неконтрольоване надмірне захоплення комп'ютерними іграми може призвести до ігрової залежності. Віртуальна лабораторна безумовно передбачає використання комп'ютерної техніки, а лабораторна робота такій ігрозалежній категорії може посилити залежність. Тож, вкотре автори наголошують на розумному балансі поєднання віртуальної та реальної лабораторних робіт у практиці підготовки здобувачів освіти

Перспективи подальших досліджень і вивчення. Очікується, що дослідження принесе більше академічної та прикладної цінності, якщо подальші дослідження зосередити на вивченні для інших навчальних дисциплін та на вдосконалення педагогічної майстерності викладачів.

Література:

1. Заїка А.О. Цифрове освітнє середовище як необхідна умова модернізації системи професійної освіти України. *Інформаційно-ресурсне забезпечення освітнього процесу в умовах дііджиталізації суспільства*: збірник МНП конференції. Київ НМЦ ВФПО, 2020. С.216–219.
2. Волинець К. Використання технологій віртуальної реальності в освіті. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2021. Вип. 2. С. 40–47.
3. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, December 1994. Vol. E77-D, №12. URL: https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf.
4. Дементієвська Н.П., Соколюк О.М. Віртуальні лабораторні роботи з фізики з використанням інтерактивних комп'ютерних моделювань: збірник навчальних матеріалів. Київ: ЦО НАПН України, 2022. 157 с.
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки» від 23.02.2022 № 286-р.
6. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів

щодо її реалізації» від 17.01.2018 № 67-р.

7. Галелюка І.Б. Віртуальні лабораторії автоматизованого проектування як інструмент міждисциплінарних досліджень: передумови створення. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2009. №1(14). С.33–38.

8. Мазур М.П., Петровський С.С., Яновський М.Л. Особливості розробки віртуальних практичних інтерактивних засобів навчальних дисциплін для дистанційного навчання. *Інформаційні технології в освіті: Збірник наукових праць*. 2010. С. 40–46.

9. Козубцов І.М. Концепція самостійного навчання курсантів Сухопутних військ на навчально-тренувальних засобах методом гри на віртуальному комп'ютері. *Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ*. Збірка тез доповідей Другої Всеукраїнської науково-технічної конференції (Львів, 28-29 квітня 2009 р.). Львів: ЛІСВ НУ «ЛП», 2009. С. 77.

10. Горбаченко С.А Інформаційні технології як важіль збереження ефективності освітнього процесу умовах війни. *Освітній процес в умовах воєнного стану в Україні* : матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, (Одеса 3 травня – 13 червня 2022 р.). Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 108–111.

11. Юрченко А.О., Хворостіна Ю.В. Віртуальна лабораторія як складова сучасного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2016. Випуск 2 (39). С. 281–283.

12. Дворник Є.М. Віртуальні лабораторні роботи у викладанні фізики в школі. *Науково-методичний журнал «Фізика і освіта»*. 2016. С. 122–130.

13. Petrosyan A.L., Gharibyan L.A. The development of virtual laboratory work in teaching physics. *Journal of Physics: Conference Series*. 2017. №891(1). 012151.

14. Тарасевич Б. Віртуальні лабораторні роботи як засіб підвищення якості навчання фізики в технічних вузах. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського*. 2014. №3(6). С. 148–152

15. Бурда М.І. Віртуальні лабораторні роботи з фізики в середній школі. *Фізика та астрономія в школі*. 2011. №2. С. 39–42.

16. Bergmann J., Sams A. Flip your classroom: reach every student in every class every day. Washington, DC: International Society for Technology in Education. 2012.

17. Семенишена Р.В. Віртуальні лабораторні роботи – спосіб формування експериментаторської компетенції здобувачів вищої освіти. *Наука і техніка сьогодні, Серія "Техніка"*. 2023. № 6(20). С. 89–101.

18. Simpson T., Danso J, Addor J.A., Anaman S.G. Survival Analysis of Computers at a University's Computer Laboratory and Implication on Maintainability. *International Journal of Education and Management Engineering*. 2024. Vol.14. No.2. Pp. 17–28.

19. Adebayo E.O., Ayorinde I.T. Efficacy of Assistive Technology for Improved Teaching and Learning in Computer Science. *International Journal of Education and Management Engineering*, 2022. Vol.12. No.5. Pp. 9–17.

20. Sharma N., Appukutti Sh., Garg U., Mukherjee J., Mishra S. Analysis of Student's Academic Performance based on their Time Spent on Extra-Curricular Activities using Machine Learning Techniques. *International Journal of Modern Education and Computer Science*. 2023. Vol. 15. No.1. Pp. 46–57.

21. Hajirahimova M. Sh., Ismayilova M.I. Assessment Methodology of Intellectual Potential. *International Journal of Education and Management Engineering*. 2024. Vol. 14. No.1. Pp. 16–24.

References:

1. Zaika A.O. (2020). Tsyfrove osvritnie seredovyshe yak neobkhidna umova modernizatsii systemy profesiinoi osvity Ukrainy [Digital educational environment as a prerequisite for the modernization of the vocational education system of Ukraine]. *Information and resource support of the educational process in the conditions of digitalization of society: collection of scientific and practical conference*, (pp. 216–219). Kyiv NMTs VFPO. [in Ukrainian].
2. Volynets K. (2021). Vykorystannia tekhnolohii virtualnoi realnosti v osviti [The use of virtual reality technologies in education]. *Continuing professional education: theory and practice*, 2, 40–47. [in Ukrainian].
3. Milgram P., Kishino F.A. (1994). Taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol. E77-D, №12. URL: https://cs.gmu.edu/~zduric/cs499/Readings/r76JBo-Milgram_IEICE_1994.pdf.
4. Dementiievska N.P., Sokoliuk O.M. (2022). Virtualni laboratorni roboty z fizyky z vykorystanniam interaktyvnykh komp'uternykh modeliuvan [Virtual laboratory work in physics using interactive computer simulations]. Kyiv: ITsO NAPN Ukrainy. [in Ukrainian].
5. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy (2022). «Pro skhvalennia Stratehii rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2022-2032 roky». [On Approval of the Strategy for the Development of Higher Education in Ukraine for 2022-2032]. [in Ukrainian].
6. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy (2018). «Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovoi ekonomiky ta suspilstva Ukrainy na 2018-2020 roky ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii» [On approval of the Concept for the Development of the Digital Economy and Society of Ukraine for 2018-2020 and approval of the action plan for its implementation]. [in Ukrainian].
7. Haleliuka I.B. (2009). Virtualni laboratorii avtomatyzovanoho proektuvannia yak instrument mizhdystsyplinarnykh doslidzhen: peredumovy stvorennia [Virtual laboratories of automated design as a tool for interdisciplinary research: prerequisites for creation]. *Information technology and computer engineering*, 1(14), 33–38. [in Ukrainian].
8. Mazur M.P., Petrovskiy S.S., Yanovskiy M.L. (2010). Osoblyvosti rozrobky virtualnykh praktychnykh interaktyvnykh zasobiv navchalnykh dystsyplin dlia dystantsiinoho navchannia [Features of the development of virtual practical interactive means of educational disciplines for distance learning]. *Information technologies in education: Collection of scientific papers*, 40–46. [in Ukrainian].
9. Kozubtsov I.M. (2009). Kontseptsiiia samostiinoho navchannia kursantiv Sukhoputnykh viisk na navchalno-trenavalnykh zasobakh metodom hry na virtualnomu komp'iuteri [The concept of self-study of cadets of the Land Forces on training means by the method of playing on a virtual computer]. *Prospects for the development of weapons and military equipment of the Land Forces*. Collection of abstracts of the Second All-Ukrainian Scientific and Technical Conference (Lviv, April 28-29). Lviv: LISV NU "LP", 77. [in Ukrainian].
10. Horbachenko S.A (2022). Informatsiini tekhnolohii yak vazhil zberezhenntia efektyvnosti osvithnoho protsesu umovakh viiny. Osvitnii protses v umovakh voiennoho stanu v Ukraini [Information technologies as a lever for maintaining the effectiveness of the educational process in the conditions of war]: *Educational process in the conditions of martial law in Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific and pedagogical advanced training*, (Odesa, May 3 - June 13). Helvetica Publishing House, 108–111. [in Ukrainian].
11. Yurchenko A.O., Khvorostina Yu.V. (2016). Virtualna laboratoriiia yak skladova suchasnoho eksperymentu [Virtual laboratory as a component of a modern experiment]. *Scientific*

Bulletin of Uzhhorod University. Series: «Pedagogika. Sotsialna robota», 2 (3), 281–283. [in Ukr].

12. Dvornyk Ye.M. (2016). Virtualni laboratorni roboty u vykladanni fizyky v shkoli [Virtual laboratory work in teaching physics at school]. *Scientific and methodical journal “Physics and Education”*, 122–130. [in Ukrainian].

13. Petrosyan A.L., Gharibyan L.A. (2017). The development of virtual laboratory work in teaching physics [The development of virtual laboratory work in teaching physics]. *Journal of Physics: Conference Series*, 891(1), 012151. [in Ukrainian].

14. Tarasevych B. (2014). Virtualni laboratorni roboty yak zasib pidvyshchennia yakostinavchannia fizyky v tekhnichnykh vuzakh [Virtual laboratory work as a means of improving the quality of teaching physics in technical universities]. *Scientific Bulletin of V.O. Sukhomlynsky Mykolaiv National University*, 3(6), 148–152. [in Ukrainian].

15. Burda M.I. (2011). Virtualni laboratorni roboty z fizyky v serednii shkoli [Virtual laboratory work in physics in secondary school]. *Physics and Astronomy in School*, 2, 39–42. [in Ukrainian].

16. Bergmann J., Sams A. (2012). Flip your classroom: reach every student in every class every day. Washington, DC: International Society for Technology in Education.

17. Semenysheva R.V. (2023). Virtualni laboratorni roboty – sposib formuvannia eksperymentatorskoi kompetentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity [Virtual laboratory work – a way to form the experimental competence of higher education students]. *Science and Technology Today, Series “Technics”*, 6(20), 89–101. [in Ukrainian].

18. Simpson T., Danso J, Addor J.A., Anaman S.G. (2024). Survival Analysis of Computers at a University’s Computer Laboratory and Implication on Maintainability. *International Journal of Education and Management Engineering*, 14, 2, 17–28.

19. Adebayo E.O., Ayorinde I.T. (2022). Efficacy of Assistive Technology for Improved Teaching and Learning in Computer Science. *International Journal of Education and Management Engineering*, 12, 5, 9–17.

20. Sharma N., Appukutti Sh., Garg U., Mukherjee J., Mishra S. (2023). Analysis of Student’s Academic Performance based on their Time Spent on Extra-Curricular Activities using Machine Learning Techniques. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 15, 1, 46–57.

21. Hajirahimova M. Sh., Ismayilova M.I. (2024). Assessment Methodology of Intellectual Potential. *International Journal of Education and Management Engineering*, 14, 1, 16–24.