

УДК 378.147:004.9

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-5\(46\)-2124-2138](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-5(46)-2124-2138)

Федорчук Анна Леонідівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0001-8227-3210>

Довгань Ірина Артурівна викладач кафедри інформаційних систем та технологій, Харківський національний університет внутрішніх справ, м. Кам'янець-Подільський, <https://orcid.org/0009-0001-0440-9810>

Постова Світлана Анатоліївна кандидат педагогічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0002-0864-6290>

МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ У НАВЧАННІ СУЧАСНИМ ТЕХНОЛОГІЯМ ВЕБРОЗРОБКИ

Анотація. Веброзробка вже давно є важливим і популярним напрямом навчання спеціалістів у сфері інформаційних технологій. Сам процес створення додатка складається з багатьох процесів, серед яких основними вважається оформлення дизайну та кодинг. Оскільки основою успішного вебпрограмування є якісна підготовка спеціалістів у сфері інформаційних технологій, то метою статті стало проведення огляду можливостей і перспектив використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки.

Нині традиційні методи навчання поступово втрачають ефективність, оскільки в останній час все більше здобувачів освіти не можуть фізично відвідувати навчання. На це впливає низка чинників, серед яких можна згадати пандемію COVID-19, війни та кліматичні зміни. Віртуальна освіта пропонує новий спосіб викладання, який дозволяє звертатися до ширшої аудиторії, що дозволяє використовувати її і для підвищення кваліфікації. Однією з головних особливостей навчання веброзробки є необхідність поєднання теоретичних знань із практичним досвідом, що потребує використання широкого кола засобів, одним з яких є віртуальні лабораторії.

У статті була пояснена сутність використання віртуальних лабораторій в освіті. Також виявлено особливості структури віртуальної лабораторії, які демонструють зв'язок її компонентів. На основі результатів огляду найбільш відомих віртуальних лабораторій, що використовуються в процесі навчання

веброзробки, було запропоновано авторську стратегію їх упровадження, яка наведена у вигляді алгоритму. Отримані результати демонструють, що попри всі недоліки, віртуальні лабораторії дозволяють здобувачам освіти виконувати завдання, моделюючи сценарії знаходження в аудиторії і користуючись допомогою викладача. Перспективним напрямом розвитку обраної теми у наступних працях є порівняння конкретних віртуальних лабораторій з метою визначення найефективнішої з них у процесі підготовки вітчизняних веброзробників. Це, своєю чергою, вимагатиме формулювання вимог до віртуальних лабораторій, серед яких може бути мова інтерфейсу, вартість та умови використання і кількість доступних функцій.

Ключові слова: інформаційні технології, онлайн-навчання, вебпрограмування, віртуальні лабораторії, стратегія інтеграції.

Fedorchuk Anna Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Technology, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0001-8227-3210>

Dovhan Iryna Teacher at the Department of Information Systems and Technologies, Kharkiv National University of Internal Affairs, Kamianets-Podilskyi, <https://orcid.org/0009-0001-0440-9810>

Postova Svitlana Candidate of Pedagogical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Technology, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0002-0864-6290>

POSSIBILITIES AND PROSPECTS FOR USING VIRTUAL LABORATORIES IN TEACHING MODERN WEB DEVELOPMENT TECHNOLOGIES

Abstract. Web development has long been an important and popular area of training for specialists in the field of information technology. The process of creating an application itself consists of many processes, the main of which are design and coding. Since the basis of successful web programming is the high-quality training of specialists in the field of information technology, in this article we decided to review the possibilities and prospects of using virtual laboratories in teaching modern web development technologies.

Currently, traditional teaching methods are losing their popularity, as recently more and more students cannot physically attend classes. This is influenced by many factors, including pandemics, wars and climate change. Therefore, virtual education offers a new way of teaching and learning, which, instead of being limited to students, appeals to a wider audience, which allows it to be used for advanced

training. One of the main features of web development training is the need to combine theoretical knowledge with practical experience, which requires the use of a wide range of tools, one of which is virtual laboratories.

While writing the article, we explained the essence of using virtual laboratories in education. We also identified features of the structure of a virtual laboratory that demonstrate the connection of its components. Based on the results of a review of the most famous virtual laboratories used in the process of learning web development, we formed our own strategy for their implementation, which is shown in the form of an algorithm. The results obtained demonstrate that, despite all the shortcomings, virtual laboratories allow students to perform tasks by modeling scenarios of being in the classroom and using the help of a teacher. A promising direction for the development of the selected topic in subsequent works is the comparison of specific virtual laboratories in order to determine the most effective of them in the process of training domestic web developers. This, in turn, will require the formulation of requirements for virtual laboratories, which may include the interface language, cost and terms of use, and the number of available functions.

Keywords: information technology, online learning, web programming, virtual laboratories, integration strategy.

Постановка проблеми. Протягом останніх кількох десятиліть спостерігається стрімке зростання кількості навчальних закладів, стратегія діяльності яких полягає в поширенні знань і розширенні можливостей навчання здобувачів освіти протягом усього їх життя. Це, у свою чергу, вимагає від них регулярної присутності на заняттях, що у разі різноманітних екстремальних ситуацій може відбуватися далеко не завжди. Однак вирішити цю ситуацію можна шляхом дистанційного навчання, застосувавши один або ж одразу декілька підходів.

Перш за все, варто зауважити, що лабораторні роботи є важливим педагогічним інструментом, який використовується з метою набуття компетенцій в освіті, дозволяючи студентам краще розуміти теоретичні основи шляхом практичного підходу [1]. На жаль, поширення глобальної пандемії COVID-19 призвело до закриття багатьох навчальних закладів у всьому світі [2]. У той час стало зрозуміло, що необхідно запропонувати відповідні альтернативи для забезпечення навчання в лабораторіях і впровадження інших форматів у дидактичних навчальних програмах, щоб подолати цю ситуацію [3]. Розв'язання цієї проблеми можна знайти в інтеграції у навчальний процес віртуальних лабораторій, які дозволять проводити заняття, під час яких можуть імітуватися процеси та дії, що відбуваються у фізичних лабораторіях. Ефективність такого підходу підтверджується тим, що використання віртуальних лабораторій дозволяє здобувачам освіти бачити план роботи та виконувати її на власних комп'ютерах, ноутбуках і мобільних пристроях [4]. Також слід підкреслити, що саме

віртуальні лабораторії забезпечують віртуальне навчальне та викладацьке середовище, спрямоване на розвиток практичних навичок студентів [5].

Трансформація від традиційного аудиторного до онлайн навчання нині забезпечується стрімким розвитком сфери інформаційно-комунікативних технологій (далі ІКТ) [6]. Спеціалісти у сфері інформаційних технологій також підхопили тренд онлайн-навчання. Особливо це характерно для веброзробників, більш ніж 30% яких сьогодні здобувають знання самостійно [7]. Оскільки, як вже було згадано раніше, віртуальні лабораторії довели свою ефективність для освітнього процесу, доцільним є проведення дослідження з метою огляду їх можливостей і перспектив у навчанні сучасних технологій веброзробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання можливостей та перспектив використання віртуальних лабораторій у навчанні стало предметом розгляду як вітчизняних, так і закордонних дослідників. Серед українських науковців це питання розглянули Г. Білецька, А. Вознюк, В. Савчук, С. Повстяна, К. Комарницький, А. Чорна, В. Григоренко, О. Сікора, Т. Кобильник, Т. Вдовичин, А. Кулик, В. Ревенок, О. Нікольський, Є. Титарчук та інші.

Використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі у поєднанні з вивченням реальних явищ суттєво підвищує рівень знань і навичок здобувачів освіти [8]. У свою чергу, А. Вознюк, В. Савчук та С. Повстяна наголосили, що віртуальні лабораторії дозволяють студентам тестувати різноманітні техніки та методи без ризику зіпсувати працездатність реального обладнання [9].

У статті К. Комарницького та А. Чорної доведено, як використання цілого комплексу інструментів одним з яких є віртуальні лабораторії, сприяє глибокому засвоєнню навчального матеріалу та розвитку практичних навичок здобувачів освіти [10].

Серед особливостей віртуальних лабораторій В. Григоренко виокремив доступ студентів не тільки до роботи з програмними, але й апаратними компонентами [11]. О. Сікора, Т. Кобильник та Т. Вдовичин вважають, що віртуальні лабораторії також дають можливість студентам спостерігати та зрозуміти процеси, які вони б не могли побачити в реальних умовах [12].

Аналіз особливостей вибору віртуальних лабораторій був проведений у науковій розвідці А. Кулика. Результати підтвердили широкі перспективи їх застосування в Україні [13].

Серед закордонних дослідників проблематики можливостей і перспектив використання віртуальних лабораторій у навчанні потрібно згадати А. Сісон, Х. Баутіста, Х. Хав'єр, Р. Дельмонте, Р. Кудера, Д. Лестарі, Супахар, Пайді, Суварджо, Геріанто, С. Сріадхі, А. Хамід, Р. Ресту та інших.

Віртуальна лабораторія, яка розроблена на основі використання методів аналізу, проектування й оцінки здатна задовольнити не тільки освітні вимоги здобувачів освіти, але і надати додаткові навчальні матеріали для викладачів, наголошують А. Сісон та ін. [14].

У статті Д. Лестарі та ін. досліджено оптимальний шлях застосування віртуальних лабораторій у процесі навчання, який було визначено як поєднання їх використання з демонстраційними методами [15]. У свою чергу, С. Сріадхі та ін. створили власні рекомендації для використання віртуальної лабораторії, в яких запропоновано залишити їх для самостійної роботи студентів [16].

Розглянуті наукові публікації дозволили виявити, що тема цього дослідження є актуальною, оскільки вона цікавити широке коло науковців, а її практичні результати можуть сприяти якісному навчанню студентів веброзробки. Основною прогалиною минулих досліджень є відсутність згадок процесу веброзробки, що демонструє недостатню увагу до питання інтеграції віртуальних лабораторій в навчальний процес спеціалістів у сфері інформаційних технологій. Ця наукова розвідка дозволила заповнити виявлену прогалину та сформулювати стратегію впровадження віртуальних лабораторій у навчання веброзробки, показано у вигляді алгоритму.

Мета статті полягає в огляді можливостей і перспектив використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки.

Для досягнення цієї мети було поставлено такі завдання:

- пояснити сутність використання віртуальних лабораторій в освіті;
- встановити особливості структури віртуальної лабораторії;
- визначити найбільш відомі віртуальні лабораторії, що використовуються в процесі навчання веброзробки;
- надати власну стратегію впровадження віртуальних лабораторій, яка показана у вигляді алгоритму.

Виклад основного матеріалу. Практичний досвід буде завжди залишатися важливим компонентом освітнього процесу. Однак час та економічні ресурси, необхідні для створення та будівництва наукових лабораторій, виходять за рамки можливостей багатьох навчальних установ. Вирішення вищезазначеної проблеми знаходиться у впровадженні віртуальних лабораторій, які можуть стати важливим освітнім інструментом, що допомагає подолати брак практичного досвіду в освіті [17]. Перш за все, потрібно визначити, що означає термін «віртуальна лабораторія». У її сучасному вигляді віртуальна лабораторія розглядається як комп'ютеризована система, що використовує моделювання та симуляцію для інтеграції диверсифікованих знань (пов'язаних з різними дисциплінами, досвідом, місцезнаходженням, потребами й обладнанням).

Серед основних переваг використання віртуальних лабораторій в освіті слід виокремити наступні:

1. Спільне використання ресурсів стає реальністю, що дозволяє всім здобувачам освіти отримати можливість роботи з дорогим обладнанням.
2. Доступ до навчальних і дослідницьких матеріалів полегшується як для студентів, так і для викладачів.

3. Встановлюються стандарти наукових досліджень у галузях, де практичні експерименти є необхідною частиною дослідження.

4. Економія часу, який витрачається в дорозі до реальної лабораторії, призводить до підвищення продуктивності.

Таким чином, віртуальні лабораторії стали незамінним інструментом вивчення деяких наук, які вимагають прикладних досліджень. Попри, здавалось би значні переваги використання віртуальних лабораторій в освіті, їх застосування потребує формування особливого підходу до процесу навчання, основні компоненти якого показано на Рисунку 1.



Рис. 1. Основні кроки використання віртуальних лабораторій в навчанні

Джерело: власна розробка авторів.

Під час використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі стає важливим обрати правильну послідовність кроків у ході формування підходу до використання цього інструменту. У контексті навчання веброзробки пропонується така послідовність кроків алгоритму інтеграції віртуальних лабораторій:

1. Визначення цілей – створення розуміння у здобувача освіти причин вивчення навчальної дисципліни та її впливу на його майбутні досягнення.

2. Виявлення проблем – пошук недоліків підготовки здобувача освіти та можливих викликів його компетенції, як майбутнього спеціаліста у сфері інформаційних технологій.

3. Формування групи – групування за схожими цілями та проблемами з метою їх подальшої спільної роботи.

4. Дослідження – вивчення теоретичної частини курсу підготовки веброзробника шляхом засвоєння матеріалу, наданого викладачем.

5. Застосування знань – демонстрація набутих раніше навичок та умінь під час кодингу, створення дизайну чи інших компонентів процесу вебпрограмування.

6. Оцінювання – аналіз слабких і сильних сторін здобувачів освіти та надання рекомендацій щодо зміни парадигми або стратегії підготовки і виконання практичних завдань.

Однак, порядок кроків алгоритму інтеграції віртуальних лабораторій залежить не тільки від сфери навчання, але і від структури конкретної лабораторії, що робить доцільним розглянути це питання більш докладно. Структурні частини віртуальної лабораторії описано в Таблиці 1.

Таблиця 1

Структура віртуальної лабораторії

№	Тип ресурсу	Назва частини	Опис частини
1	Технологічні	Віртуальне комунікаційне середовище	Ресурс, який дозволяє спілкуватися між користувачами
		Симулятор	Інструмент, який імітує експерименти, стани або процеси. Однією з головних його особливостей є інтерактивність
		Віддалена лабораторія	Складається з одного або кількох комп'ютерів або пристроїв, встановлених і налаштованих для забезпечення віддаленого доступу
		Віртуальна машина	Інструмент, який дозволяє користувачам створювати окремі середовища, кожне з яких емулює апаратне забезпечення повного фізичного комп'ютера
		Автоматичний інструмент оцінювання	Дозволяє здійснювати інтерактивні процеси між студентами й автоматичною системою оцінювання
2	Педагогічні та стратегічні	Методологія	Студент стає центральним елементом освітньої моделі (студентоорієнтованість)
		Допоміжна документація	Складається з усієї інформації і програмного забезпечення, яке допоможе студентам досягти цілей практичних занять
		Оцінювання	Важливий ресурс, який дозволяє студентам досягати своїх навчальних цілей
3	Академічні	Викладач	Представник академічного персоналу, який допомагає студентам досягати їхніх індивідуальних цілей, пропонуючи кожному з них персоналізований підхід

Джерело: удосконалено авторами на основі [18].

Сьогодні віртуальні лабораторії використовуються в багатьох освітніх напрямках. Наслідком їх використання став розвиток інженерної освіти, оскільки віртуальні лабораторії дозволяють здійснювати експерименти в онлайн режимі та імітувати навчальні курси з електротехніки. Зважаючи на це, віртуальні лабораторії вже здатні заощадити час і фінансові ресурси, які потрібні для реальних експериментів [19]. Усе це дозволяє стверджувати, що використання віртуальних лабораторій є ефективним освітнім інструментом для забезпечення студентів інженерних спеціальностей досвідом практичного виконання робіт у рамках навчальної дисципліни. Інтеграція в освіту віртуальних лабораторій відбувається і в контексті природничих наук, зокрема, хімії. Більшість викладачів хімії, які вже стикнулися з потребами застосування віртуальних лабораторій, сприймають досвід зміни фізичних лабораторій на віртуальні позитивно [20]. Це вказує на готовність педагогічного персоналу до опанування нових освітніх інструментів, що є надзвичайно важливим під час модернізації концепції навчання.

Важливо зауважити, що інколи віртуальні лабораторії створюються самими закладами освіти. Наприклад, у 2017 році в університеті Сіднея було організовано спеціально розроблену лабораторію віртуальної реальності, яка містила 26 гарнітур Oculus Rift. Лабораторію найбільше використовували студенти факультету інженерії (53%), далі йшли відвідувачі факультету мистецтв та соціальних наук (23,8%) і природничих наук (23,2%) [21]. Отримані в ході роботи віртуальної лабораторії університету Сіднея дані вказують на те, що найбільші перспективи використання цього інструменту знаходяться в межах STEM-освіти. Така модель навчання часто використовується і під час підготовки спеціалістів у сфері інформаційних технологій, бо вони виконують багато завдань самостійно з мінімальним втручанням у процес викладача.

Віртуальні лабораторії також стали причиною зменшення навчального навантаження, підвищення мотивації студентів і полегшення самого процесу навчання [22].

Нині вже існують віртуальні лабораторії, що дозволяють отримати досвід вебпрограмування. Серед найпопулярніших ресурсів, які надають доступ до віртуальних лабораторій, можна виокремити такі:

1. **Virtual Labs.** У рамках цього проєкту було розроблено понад 175 віртуальних лабораторій, що складаються приблизно з 1500 веб-експериментів, для дистанційного керування та перегляду. Серед них є навчання вебпрограмуванню та пропозиція готових рішень для бізнесу.

2. **Code.** Некомерційна організація, яка займається інноваціями в освіті та прагне, щоб кожен здобувач освіти в кожному навчальному закладі мав можливість вивчати інформатику та штучний інтелект як частину своєї основної освіти.

3. **Codio.** Хмарна платформа, яка пропонує досвід викладання та навчання у сфері комп'ютерної освіти та розвитку технічних навичок. Вона включає вбудоване онлайн-середовище інтегрованої розробки, яке дозволяє

студентам програмувати з підсвічуванням синтаксису, інструментами налагодження та віртуальним робочим столом для виведення графічного інтерфейсу.

Для навчання вебпрограмування здобувач освіти повинен обирати онлайн-платформу залежно від рівня власної готовності та зручності запропонованого інтерфейсу. Найкращою стратегією використання віртуальних лабораторій є групування окремих здобувачів на основі їх цілей та інтересів. Якщо навчання відбувається на базі закладу вищої освіти, то викладач і студент отримують різні права під час використання функціоналу віртуальної лабораторії. Однак деякі функції будуть доступні як для студента, так і для викладача, а саме можливість входу, взаємодія з мікрофоном і чатом, перегляд оцінок та екрану. Також окрема роль відводиться адміністратору лабораторії, який наповнює її матеріалом, додаючи та змінюючи програми для практичної частини.

Варто також зазначити, що інтеграція будь-якого інструменту онлайн-навчання вимагає попередньої підготовки, бо вона заснована на послідовності конкретних етапів, які показано на Рисунку 2.



Рис. 2. Етапи підготовки до інтеграції онлайн-навчання

Джерело: власна розробка авторів.

Для визначення початкового рівня здобувача освіти в контексті веброзробки достатньо дати йому практичне завдання, а потім провести аналіз якості створеного програмного продукту. Після першого етапу необхідно обрати методи навчання, одним з яких і може бути інтеграція в навчальний процес віртуальної лабораторії. На наступному етапі викладач повинен отримати довіру студента, бо без неї той може боятися зміни інструментів навчання, що негативно відобразиться на його результатах. Четвертий етап підготовки до інтеграції онлайн-навчання полягає у мотивації студента до використання інноваційних засобів. Така мотивація може бути сформована на особистому прикладі або ж шляхом демонстрації можливостей запропонованих інструментів. Склад навчальної групи обирається на основі всіх попередніх етапів, а попередня оцінка результату здійснюється з метою визначення ефективності використаного інструменту онлайн-навчання для кожного конкретного студента та всієї групи.

Отже, ефективність використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки залежить не тільки від студента, але і не в останню чергу від викладача. У таких умовах від педагогічного працівника вимагається не тільки компетенції у веброзробці, але і знання з психології та розуміння особливостей кожного здобувача. Це значно ускладнює завдання інтеграції віртуальних лабораторій в освітній процес, бо попри думку про те, що онлайн-навчання зменшує вплив людського чинника на процес здобування знань, сама організація зміни засобів навчання є відповідальністю викладача та всього педагогічного колективу.

Саме через збереження впливу викладача неможливо оцінити однозначно перспективи використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки в Україні. Хоча війна і змусила реалізовувати інші шляхи здобування освіти, відкидаючи аудиторні заняття, але далеко не всі викладачі вітчизняних закладів вищої освіти спромоглися проявити свій педагогічний хист у ході такої вимушеної трансформації. Також на заваді процесу використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки в Україні стоїть необхідність їх технічної підтримки, що вимагає наявності спеціаліста та додаткових грошових ресурсів. В умовах війни останнє особливо сповільнює інтеграцію цих освітніх інструментів у процес навчання. Хоч, як було продемонстровано раніше, віртуальні лабораторії стали справжнім технологічним трендом сучасності, але їх компоненти набагато дешевше реалізувати окремо. Це можна зробити шляхом використання програмного забезпечення, що вже давно є доступним не тільки для спеціалістів, але і для звичайного користувача. Однак, саме цілісність віртуальної лабораторії, як сукупності всіх її технологічних ресурсів робить її зручною для отримання здобувачами практичного досвіду під час виконання завдань. Все вищенаведене вказує на те, що перспективи використання

віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки в Україні виглядають віддаленими та можуть бути реалізовані, переважно, в системі вищої освіти. Останнє пояснюється тим, що університети є автономними та здатні самостійно визначати інструментарій, який допоможе вивчити ту чи іншу дисципліну. Також не можна забувати, що саме заклади вищої освіти часто виступають драйверами інтеграції віртуальних лабораторій, організовуючи та підтримуючи їх коштом власних ресурсів.

На основі всього вищенаведеного було сформовано авторську покрокову стратегію впровадження віртуальних лабораторій у процес навчання веброзробки, яка показана у вигляді окремого алгоритму на Рисунку 3.

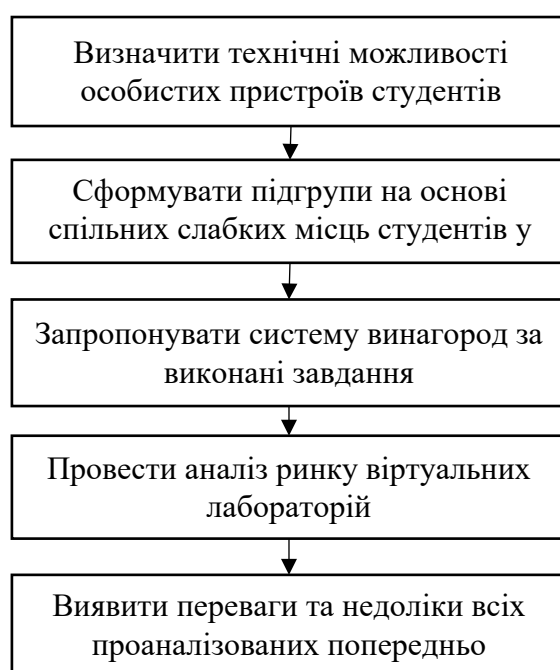


Рис. 3. Авторська стратегія впровадження віртуальних лабораторій у процес навчання веброзробки

Джерело: власна розробка авторів.

Висновки. Отже, у цій статті проведено огляд можливостей і перспектив використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки. У ході цього огляду було доведено, що основним трендом у процесі трансформації освіти став її поступовий перехід в онлайн. Визначено, що одним з сучасних інструментів онлайн-навчання стали віртуальні лабораторії, які допомагають подолати брак практичного досвіду в освіті.

Також була пояснена сутність і переваги використання віртуальних лабораторій та згадано особливості їх структури, що визначають відносини всіх учасників освітнього процесу. Виявлено, що перспективи використання віртуальних лабораторій у навчанні сучасних технологій веброзробки в

Україні не можуть бути оцінені однозначно, через велику кількість супутніх чинників головними з яких, на нашу думку, є педагогічний хист викладача та мотивація здобувача освіти. Однак, найперспективнішим вбачається інтеграція віртуальних лабораторій у діяльність вітчизняних закладів вищої освіти, бо їх автономність дозволяє витратити ресурси на організацію та підтримку будь-яких технологічних інновацій, які показують свою ефективність у навчальному процесі.

Також, після всіх попередніх кроків дослідження, було надано власну покрокову стратегію інтеграції віртуальних лабораторій у процес навчання веброзробки. Перспективним напрямом розвитку обраної теми у наступних дослідженнях є порівняння конкретних віртуальних лабораторій з метою визначення найефективнішої із них у процесі підготовки вітчизняних веброзробників. Це, своєю чергою, вимагатиме формулювання вимог до віртуальних лабораторій, серед яких може бути мова інтерфейсу, вартість та умови використання і кількість доступних функцій.

Література:

1. Zhang N., Liu Y. Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability: a case study of Nankai University. *Frontiers in Education*. 2024. Vol. 8. P. 1–14. URL: <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1322263> (дата звернення: 06.05.2025).
2. Dhawan S. Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crisis. *Journal of educational technology systems*. 2020. Vol. 49. No. 1. P. 5–22. URL: <https://doi.org/10.1177/0047239520934018> (дата звернення: 06.05.2025).
3. Online delivery of teaching and laboratory practices: Continuity of university programmes during COVID-19 pandemic / K. A. A. Gamage et al. *Education Sciences*. 2020. Vol. 10. No. 10. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.3390/educsci10100291> (дата звернення: 06.05.2025).
4. Verawati N., Ernita N., Prayogi S. Enhancing the reasoning performance of STEM students in modern physics courses using virtual simulation in the LMS platform. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2022. Vol. 17. No. 13. P. 267–277. URL: <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i13.31459> (дата звернення: 06.05.2025).
5. Virtual laboratory for engineering education: Review of virtual laboratory for students learning / I. Veza et al. *Engineering Science Letter*. 2022. Vol. 1. No. 2. P. 41–46. URL: <https://doi.org/10.56741/esl.v1i02.138> (дата звернення: 06.05.2025).
6. The difference between emergency remote teaching and online learning / C. Hodges et al. *EDUCAUSE Review*. URL: <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning> (дата звернення: 06.05.2025).
7. Is web development oversaturated in 2024? *Jessup University*. URL: <https://jessup.edu/blog/engineering-technology/is-web-development-oversaturated/> (дата звернення: 06.05.2025).
8. Білецька Г. Використання віртуальних лабораторних робіт у підготовці фахівців-екологів. *Інформаційні технології в освіті*. 2012. № 12. С. 44–49. URL: <https://doi.org/10.14308/ite000314> (дата звернення: 06.05.2025).
9. Вознюк А., Савчук В., Повстяна С. Інтерактивні методи навчання веб-розробці: як залучити студентів до активного навчання. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. № 56. С. 138–142. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-16> (дата звернення: 06.05.2025).

10. Комарницький К., Чорна А. Аналіз вітчизняного й іноземного досвіду методичного забезпечення з кібернетичної безпеки у професійній підготовці майбутніх інженерів-програмістів. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка*. 2024. Т. 2. № 33. С. 52–60. URL: <https://doi.org/10.33842/22195203-2024-2-33-52-60> (дата звернення: 06.05.2025).

11. Григоренко В. Активні методи навчання у формуванні цифрової компетентності бакалаврів з інженерії програмного забезпечення. *Молодь і ринок*. 2024. № 5/225. С. 180–183. URL: <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.305846> (дата звернення: 06.05.2025).

12. Сікора О. В., Кобильник Т. П., Вдовичин Т. Я. Комп'ютерне моделювання у шкільному курсі інформатики. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2024. № 13. С. 1–18. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14624652> (дата звернення: 06.05.2025).

13. Перспективи впровадження і розвитку освітніх віртуальних лабораторій в Україні / Кулик А. та ін. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 3 (31). С. 557–569. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3\(31\)-557-569](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3(31)-557-569) (дата звернення: 06.05.2025).

14. Development and acceptability of virtual laboratory in learning systematics / A. J. R. N. Sison et al. *ASEAN Journal of Educational Research and Technology*. 2024. Vol. 3. No. 1. P. 9–26. URL: <https://ejournal.bumipublikasinusantara.id/index.php/ajert/article/view/221> (дата звернення: 06.05.2025).

15. Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course / D. P. Lestari et al. *Education and Information Technologies*. 2023. Vol. 28. No. 12. P. 16153–16175. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8> (дата звернення: 06.05.2025).

16. Sriadhi S., Hamid A., Restu R. Web-based virtual laboratory development for basic practicum in science and technology. *TEM Journal*. 2022. Vol. 11. No. 1. P. 396–402. URL: <https://doi.org/10.18421/TEM111-50> (дата звернення: 06.05.2025).

17. REAL: A virtual laboratory for mobile robot experiments / E. Guimaraes et al. *EEE Transactions on education*. 2003. Vol. 46. No. 1. P. 37–42. URL: <https://doi.org/10.1109/TE.2002.804404> (дата звернення: 06.05.2025).

18. A virtual laboratory structure for developing programming labs / J. Prieto-Blazquez et al. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2009. Vol. 4. P. 1–6. URL: <https://doi.org/10.3991/ijet.v4s1.789> (дата звернення: 06.05.2025).

19. Virtual laboratory for engineering education: Review of virtual laboratory for students learning / Veza I. et al. *Engineering Science Letter*. 2022. Vol. 1. No. 2. P. 41–46. URL: <https://doi.org/10.56741/esl.v1i02.138> (дата звернення: 06.05.2025).

20. Kolil V. K., Achuthan K. Virtual labs in chemistry education: A novel approach for increasing student's laboratory educational consciousness and skills. *Education and Information Technologies*. 2024. Vol. 29. No. 18. P. 25307–25331. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12858-x> (дата звернення: 06.05.2025).

21. Marks B., Thomas J. Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and information technologies*. 2022. Vol. 27. No. 1. P. 1287–1305. URL: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10653-6> (дата звернення: 06.05.2025).

22. Chu E. T. H., Fang C. W. CALEE: A computer-assisted learning system for embedded OS laboratory exercises. *Computers & Education*. 2015. Vol. 84. P. 36–48. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.01.006> (дата звернення: 06.05.2025).

References:

1. Zhang, N., & Liu, Y. (2024). Design and implementation of virtual laboratories for higher education sustainability: a case study of Nankai University. *Frontiers in Education*, 8, 1–14. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1322263>
2. Dhawan, S. (2020). Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crisis. *Journal of educational technology systems*, 49(1), 5–22. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>
3. Gamage, K. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N. (2020). Online delivery of teaching and laboratory practices: Continuity of university programmes during COVID-19 pandemic. *Education Sciences*, 10(10), 1–9. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>
4. Verawati, N., Ernita, N., & Prayogi, S. (2022). Enhancing the reasoning performance of STEM students in modern physics courses using virtual simulation in the LMS platform. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(13), 267–277. Retrieved from <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i13.31459>
5. Veza, I., Sule, A., Putra, N. R., Idris, M., Ghazali, I., Irianto, I., ... & Mosliano, G. (2022). Virtual laboratory for engineering education: Review of virtual laboratory for students learning. *Engineering Science Letter*, 1(2), 41–46. Retrieved from <https://doi.org/10.56741/esl.v1i02.138>
6. Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020, March 27). *The difference between emergency remote teaching and online learning*. EDUCAUSE Review. Retrieved from <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
7. Jessup University. (n. d.). *Is web development oversaturated in 2024?* Retrieved from <https://jessup.edu/blog/engineering-technology/is-web-development-oversaturated/> [in English].
8. Biletska, H. A. (2012). Vykorystannya virtualnykh laboratornykh robit u pidhotovtsi fakhivtsiv-ekolohiv [The use of virtual laboratory work in the training of environmental specialists]. *Journal of Information Technologies in Education*, (12), 44–49. Retrieved from <https://doi.org/10.14308/ite000314> [in Ukrainian].
9. Vozniuk, A., Sachuk, V., & Povstiana, S. (2024). Interaktyvni metody navchannya veb-rozrobtsi: yak zaluchyty studentiv do aktyvnoho navchannya [Interactive methods of teaching web development: how to engage students in active learning]. *Computer-integrated technologies: education, science, production*, (56), 138–142. Retrieved from <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2024-56-16> [in Ukrainian].
10. Komarnytskyi, K., & Chorna, A. (2024). Analiz vitchyznyanoho y inozemnoho dosvidu metodychnoho zabezpechennya z kibernetichnoyi bezpeky u profesiyni pidhotovtsi maybutnikh inzheneriv-prohramistiv [Analysis of domestic and foreign experience in methodological support of cyber security in the professional training of future software engineers]. *Scientific Bulletin of Melitopol State Pedagogical University. Series: Pedagogy*, 2(33), 52–60. Retrieved from <https://doi.org/10.33842/22195203-2024-2-33-52-60> [in Ukrainian].
11. Hryhorenko, V. (2024). Aktyvni metody navchannya u formuvanni tsyfrovoyi kompetentnosti bakalavriv z inzheneriyi prohramnoho zabezpechennya [Active learning methods in the formation of digital competence of bachelors in software engineering]. *Youth and the market*, (5/225), 180–183. Retrieved from <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.305846> [in Ukrainian].
12. Sikora, O. V., Kobyl'nyk, T. P., & Vdovychyn, T. Ya. (2024). Kompyuterne modelyuvannya u shkilmomu kursi informatyky [Computer modeling in the school course of computer science]. *Pedagogical Academy: scientific notes*, (13), 1–18. Retrieved from <https://doi.org/10.5281/zenodo.14624652> [in Ukrainian].

13. Kulyk, A., Revenok, V., Nikolsky, O., & Tytarchuk, Y. (2024). Perspektyvy vprovadzhennya i rozvytku osvitnikh virtualnykh laboratoriy v Ukraini [Prospects for the implementation and development of educational virtual laboratories in Ukraine]. *Science and Technology Today*, 3(31), 557-569. Retrieved from [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3\(31\)-557-569](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-3(31)-557-569) [in Ukrainian].
14. Sison, A. J. R. N., Bautista, J. M., Javier, J. L., Delmonte, R. J. B., & Cudera, R. B. (2024). Development and acceptability of virtual laboratory in learning systematics. *ASEAN Journal of Educational Research and Technology*, 3(1), 9–26. Retrieved from <https://ejournal.bumipublikasinusantara.id/index.php/ajert/article/view/221>
15. Lestari, D. P., Supahar, Paidi, Suwarjo, & Herianto. (2023). Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. *Education and Information Technologies*, 28(12), 16153–16175. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8>
16. Sriadhi, S., Hamid, A., & Restu, R. (2022). Web-based virtual laboratory development for basic practicums in science and technology. *TEM Journal*, 11(1), 396–402. Retrieved from <https://doi.org/10.18421/TEM111-50>
17. Guimaraes, E., Maffei, A., Pereira, J., Russo, B., Cardozo, E., Bergerman, M., & Magalhães, M. F. (2003). REAL: A virtual laboratory for mobile robot experiments. *IEEE Transactions on education*, 46(1), 37–42. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TE.2002.804404>
18. Prieto-Blazquez, J., Herrera-Joancomarti, J., & Guerrero-Rolda, A. E. (2009). A virtual laboratory structure for developing programming labs. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4, 1–6. Retrieved from <https://doi.org/10.3991/ijet.v4s1.789>
19. Veza, I., Sule, A., Putra, N. R., Idris, M., Ghazali, I., Irianto, I., ... & Mosliano, G. (2022). Virtual laboratory for engineering education: Review of virtual laboratory for students learning. *Engineering Science Letter*, 1(2), 41–46. Retrieved from <https://doi.org/10.56741/esl.v1i02.138>
20. Kolil, V. K., & Achuthan, K. (2024). Virtual labs in chemistry education: A novel approach for increasing student's laboratory educational consciousness and skills. *Education and Information Technologies*, 29(18), 25307–25331. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12858-x>
21. Marks, B., & Thomas, J. (2022). Adoption of virtual reality technology in higher education: An evaluation of five teaching semesters in a purpose-designed laboratory. *Education and information technologies*, 27(1), 1287–1305. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10653-6>
22. Chu, E. T. H., & Fang, C. W. (2015). CALEE: A computer-assisted learning system for embedded OS laboratory exercises. *Computers & Education*, 84, 36–48. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.01.006>