

<https://doi.org/10.52256/2710-3560.97.2023.97.05>  
УДК 377:004

**Андрій Гуржій,**  
доктор технічних наук, професор, дійсний член (академік) НАПН України,  
головний науковий співробітник лабораторії електронних навчальних ресурсів,  
Інститут професійної освіти НАПН України, м. Київ  
ORCID ID 0000-0001-6923-0830  
gam@mon.naps.gov.ua

**Валентина Радкевич,**  
доктор педагогічних наук, професор, дійсний член (академік) НАПН України,  
директор Інституту професійної освіти НАПН України, м. Київ  
ORCID ID 0000-0002-9233-5718  
mrs.radkevich@gmail.com

**Микола Пригодій,**  
доктор педагогічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи,  
Інститут професійної освіти НАПН України, м. Київ  
ORCID ID 0000-0001-5351-0002  
prygodii@ukr.net

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНИХ НАВЧАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Інженерна освіта змінюється під впливом широкого запровадження різноманітних цифрових систем. Цифровізація все частіше стає центральним питанням удосконалення інженерної освіти. Водночас відкриваючи значні перспективи, це також потребує додаткової підготовки викладачів та майбутніх фахівців. В умовах збільшення тиску на бюджети та стандартизації віртуальні навчальні комплекси створюють інноваційні методи організації навчання. Віртуальна реальність має переваги для майбутніх фахівців та викладачів, надаючи економічно ефективно, територіально незалежне, індивідуальне, стандартизоване та повторювальне навчання. Повторення є важливим компонентом підвищення якості інженерної освіти на основі встановлення великої кількості синаптичних зв'язків нової навчальної інформації з наявним досвідом. Віртуальні навчальні комплекси дають змогу майбутнім фахівцям одночасно обробляти отриману інформацію з різних позицій (замовника, користувача, контролера тощо). Хоча віртуальні навчальні комплекси не є панацеєю, вони є потужним освітнім інструментом для досягнення певної мети навчання, і їхнє упровадження в процес навчання зростає в усьому світі. Майбутнє віртуальних навчальних комплексів полягає у їхній постійній інтеграції у навчальні програми та в системи технологічних розробок, які дають змогу спільно впроваджувати інженерний досвід. Це сприятиме підвищенню якості інженерної освіти незалежно від географії та змінить інженерно-технологічну підготовку фахівців майбутнього. Було обґрунтовано структуру та методику створення віртуальних навчальних комплексів для підвищення якості інженерної освіти. Здійснено огляд ресурсів, які дозволяють викладачам створювати, а майбутнім фахівцям використовувати віртуальні навчальні комплекси. У статті представлені ідеї щодо підвищення якості навчання на основі закріплення навчальної інформації шляхом її повторного опрацювання з різних джерел та різними способами. Зроблено висновок про необхідність удосконалення освітнього процесу із застосуванням цифрових технологій.*

**Ключові слова:** інженерна освіта, забування інформації, програмне забезпечення, цифрові технології, змішане навчання.

**Andrii Hurzhii, Valentyna Radkevych, Mykola Pryhodii. Improving the quality of specialists' training using virtual training complexes**

*Engineering education is changing under the influence of the widespread introduction of various digital systems. Digitalization is increasingly becoming a central issue in improving engineering education. At the same time, while opening up significant prospects, it also requires additional training for teachers and future professionals. In the context of growing pressure on budgets and standardization, virtual learning environments are creating innovative methods of organizing learning. Virtual reality has advantages for future professionals and teachers by providing cost-effective, geographically independent, individualized, standardized, and repeatable training. Repetition is an important component of improving the quality of engineering education by establishing a large number of synaptic connections between new learning information and existing experience. Virtual training complexes allow future professionals to simultaneously process the information received from different perspectives (customer, user, controller, etc.). While virtual learning environments are not a panacea, they are a powerful educational tool for achieving a specific learning goal, and their adoption in the learning process is growing worldwide. The future of virtual learning environments lies in their continuous integration into curricula and technological development systems that allow for the joint implementation of engineering experience. This will help improve the quality of engineering education regardless of geography and change the engineering and technology training of the future. The structure and methodology of creating virtual training complexes to improve the quality of engineering education are substantiated. A review of resources that allow teachers to create and future professionals to use virtual training complexes is carried out. The article presents ideas for improving the quality of education based on the consolidation of educational information by re-processing it from different sources and in different ways. The authors conclude that it is necessary to improve the educational process with the use of digital technologies.*

**Key words:** *engineering education, forgetting information, software, digital technologies, blended learning.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями.** Процес цифровізації активно впроваджується у сферу освіти, обумовлюючи необхідність пришвидшення удосконалення сучасного цифрового навчального середовища, цифровізації усіх складових навчального процесу та формування і розвиток цифрових компетентностей учасників навчального процесу.

У професійній підготовці майбутніх фахівців при переході від традиційної системи організації навчального середовища до його цифровізації доцільне використання віртуальних навчальних комплексів (ВНК) з інтерактивним та мультимедійним контентом навчальних дисциплін у процесі електронного та змішаного навчання з тестовим контролем кожного модуля навчальних дисциплін [1].

Перевага використання ВНК полягає у можливості програмним шляхом, використовуючи обчислювальні потужності комп'ютерної техніки, створювати різноманітні системи і програмно-апаратні навчальні комплекси, легко трансформувати їх відповідно до вимог, оптимально адаптувати та зменшити матеріальні витрати і час на розробку. Зазначені переваги особливо помітні у галузі технічної освіти у зв'язку з необхідністю організації та проведення значної кількості лабораторних практикумів, які згідно з чинними освітніми стандартами можуть становити до 70–80 відсотків усіх витрат [2].

Методологічною основою створення ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців повинна стати їхня відповідність освітнім професійним стандартам та взаємодоповнення реальної і віртуальної складових навчального середовища шляхом органічного поєднання гіпертекстового та мультимедійного матеріалу навчальних дисциплін.

Актуальним стає потреба обґрунтувати методологічні основи забезпечення якості професійної підготовки фахівців з використанням ВНК з наповненням їх теоретичним, навчально-методичним та лабораторно-практичним матеріалом.

**Мета статті** – обґрунтувати структуру та методику створення віртуальних навчальних комплексів для підвищення якості інженерної освіти.

**Методологія дослідження.** В основу методики покладено системний, діяльнісний, особистісно орієнтований, компетентнісний, технологічний, середовищний та інтегрований підходи, що дозволило врахувати специфіку цифровізації інженерії освіти. Комплекс підходів відповідає

напрямам розв'язання проблеми підвищення якості підготовки майбутніх фахівців із використанням ВНК.

Системний та інтегративний підходи дали змогу розглядати ВНК як цілісну множину елементів у сукупності відношень і зв'язків між ними та розробити вимоги до їхнього створення, що забезпечує цілісність і системність педагогічного процесу. Діяльнісний, особистісно орієнтований та компетентнісний підходи дозволили дослідити пізнавальні мотиви майбутніх фахівців (прагнення до пошуку нової навчальної інформації); визначити конкретну навчальну мету (що потрібно засвоїти для виконання завдання); визначити способи залучення майбутніх фахівців до дій, що сприяють засвоєнню та закріпленню знань; включити завдання з вирішення життєвих і актуальних професійних завдань. Технологічний підхід дозволив зробити висновок про спрямованість педагогічних досліджень на вдосконалення навчання, за рахунок розширення інструментальності та інтенсивності. Середовищний підхід обумовив визнання трьох рівноправних учасників освітнього процесу: педагога, майбутнього фахівця та віртуального середовища. У цьому випадку ВНК виступає активною складовою освітнього процесу, що послідовно готує майбутніх фахівців до інженерної діяльності в умовах цифровізації виробництва.

**Аналіз основних досліджень і публікацій із зазначеної проблеми.** Підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців із застосуванням ВНК має передбачати врахування індивідуальних особливостей фахівців, в першу чергу їх здатність до засвоєння інформації навчальних дисциплін та враховувати властивість до її забування, що дозволить індивідуалізувати процес навчання для кожного майбутнього фахівця [3].

У контексті освітнього процесу функціонування ВНК регулюється системою управління знаннями (knowledge management). Ця система передбачає накопичення та обмін інформацією між викладачами, майбутніми фахівцями та зовнішніми консультантами, тобто учасниками освітнього процесу. Дана система будується на основі баз даних, з яких учасники освітнього процесу і отримують необхідну інформацію, що сприятиме набуттю ними знань і досвіду [4]. Більшою мірою відповідальність за внесення нової інформації до баз даних лежить на викладацькому складі і консультантах, але разом з тим можливість ділитися набутими знаннями та досвідом надається і майбутнім фахівцям (через розміщення результатів навчання у вигляді різноманітних проєктів) [5].

При розробленні та використанні ВНК потрібно враховувати три основні принципи:

- 1) множинності засобів представлення навчальної інформації (щоб забезпечити різні стилі навчання і можливості для отримання інформації та знань) [6];
- 2) множинності засобів для виконання дії і формулювання висловлювань (щоб забезпечити можливості демонстрації того, що майбутні фахівці знають та уміють) [7];
- 3) множинності засобів взаємодії (щоб зацікавити майбутніх фахівців, збільшити їхню мотивацію навчанням, пропонуючи відповідні навчально-виробничі завдання, проєкти тощо) [8].

З огляду на особливості процесу самоорганізації засвоєння майбутнім фахівцем інформації навчальних дисциплін, шляхи розв'язання навчальних завдань та індивідуальні відмінності пам'яті фахівця, встановлено, що кожен фахівець за однакові проміжки часу навчання засвоює різний обсяг інформації навчальних предметів [9]. З іншого боку, залежно від індивідуальної специфіки пам'яті кожному майбутньому фахівцю з часом властиво забувати певний обсяг засвоєної навчальної інформації, який є його індивідуальним параметром.

Відсоток обсягу засвоєної майбутнім фахівцем інформації навчальних дисциплін залежно від проміжку часу після завершення навчання визначається емпірично згідно з експоненціальною кривою забування Еббінгауза, яка описується формулою:

$$Z = 0,35 + 0,65e^{\frac{-\tau}{0,45}}$$

де  $Z$  – відсоток обсягу засвоєної інформації навчальних дисциплін;  $\tau$  – проміжок часу після завершення засвоєння, під час якого відбувається процес забування засвоєної інформації навчальних дисциплін [10].

Формула справедлива для одноразового отримання та засвоєння майбутнім фахівцем інформації навчальних предметів. Якщо, наприклад, за проміжок часу після засвоєння фахівцем інформації навчальних предметів взяти тиждень, то з урахуванням експоненціального характеру кривої Еббінгауза визначимо, що процес забування засвоєної навчальної інформації активно відбувається в перші 2÷4 години – фахівець забуває понад 60 % засвоєної навчальної інформації. Далі процес забування засвоєної навчальної інформації сповільнюється і 25÷30 % засвоєної інформації зберігається у пам'яті майбутнього фахівця протягом 3÷4 днів [11]. Тому функція повторення

засвоєння інформації навчальних предметів повинна обов'язково враховуватись при проектуванні та використанні ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців.

Основними стратегіями навчання, що засновані на інформаційних потоках, джерелах та способах передачі інформації навчальних дисциплін є:

*Циклічне та спіральне навчання:* замість того, щоб повністю розкривати всі аспекти (ідеї) теми (проблеми) навчальної дисципліни, й переходити до розгляду наступної теми запроваджується модель розгляду ключових ідей з обов'язковим їх переглядом (повторенням у нових умовах) впродовж навчання [12]. Дослідження показують, що майбутні фахівці краще засвоюють інформацію навчальних дисциплін, коли їм надається безліч можливостей перегляду попередньо засвоєної інформації та її застосування у «нових» умовах [13].

*Комунікація з рівними:* обговорення технологічних процесів та проблем виробництва майбутніми фахівцями одного циклу навчання [14]. Це дає змогу актуалізувати засвоєний матеріал, структурувати його через внутрішньогрупове та індивідуальне «змагання». Ця стратегія також заохочує активне навчання [15].

*Комбінування джерел навчальної інформації:* значно легше запам'ятати інформацію навчальних дисциплін, представлену різними способами, особливо якщо наочні посібники можуть допомогти структуровано включити інформацію в індивідуальну систему знань майбутнього фахівця. Використання статичних та динамічних зображень, аудіо супроводу разом з текстом утворює систему комплексного сприйняття навчальної інформації [16].

*Чергування та протиставлення різних концепцій:* передбачає попереднє ознайомлення з різними концепціями з наступним обранням оптимальної з наявних. Рекомендується надавати майбутнім фахівцям «всі» наявні концепції, а не лише ті що ведуть до розв'язання проблеми, це сприятиме активному пошуку та аналізу наявної інформації навчальних дисциплін. Коли схожі проблеми групуються разом, майбутнім фахівцям не потрібно думати про те, які стратегії використовувати – вони автоматично застосовують одне й те саме рішення знову і знову. Чергування та протиставлення різних концепцій змушує майбутніх фахівців думати самостійно та поглиблювати знання [17].

*Систематичність контролю:* часті практичні тести, опитування, вікторини, есе тощо сприяють довготривалому запам'ятовуванню інформації навчальних дисциплін. Крім того, формується оперативність прийняття рішень, асоціативність мислення та запам'ятовування великих обсягів інформації навчальних дисциплін [18].

#### **Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

Сформульовано методичні основи розроблення ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців, які містять:

- визначення цілей підвищення якості підготовки з огляду на потреби ринку праці та галузевої диференціації;
- відбір і структурування матеріалу навчальних дисциплін на основі дидактичних принципів і врахування професійної специфіки;
- використання інтерактивних методів та форм колективної діяльності;
- використання методичного інструментарію та управління тренінговим навчанням для різних професій фахівців.

Розроблено концептуальну модель ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців у вигляді інформаційної динамічної системи цифрового навчально-методичного ресурсу, яка побудована на постійній зміні функціональних зв'язків і має статичний, динамічний і середовищний компоненти (рис. 1) [19].



Рис. 1. Концептуальна модель ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців.

Джерело: авторська розробка

Статичним компонентом у складі ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців є електронний підручник, який містить цифрову інформацію навчальної дисципліни, що забезпечує функціонування ВНК навіть за умов відсутності доступу до мережі Інтернет.

Динамічний компонент ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців забезпечується цифровими технологіями хмарно орієнтованих платформ та сервісів, системами дистанційного навчання, спеціалізованими сайтами, групами у соціальних мережах, що дозволяє оперативно поновлювати навчальні і дидактичні матеріали ВНК і широко залучати викладачів і майбутніх фахівців у режимі онлайн.

Середовищний компонент ВНК визначає навчальне середовище конкретного закладу освіти, де навчальні і дидактичні матеріали створюються, оновлюються та обговорюються серед викладачів та майбутніх фахівців.

Важливою складовою в реалізації навчального процесу є система управління навчальною діяльністю, яка забезпечує управління використанням матеріалів навчальних дисциплін з метою планування індивідуальної траєкторії майбутніх фахівців.

Методика розроблення ВНК для підвищення якості професійної підготовки майбутніх фахівців охоплює шість етапів:

- 1) організаційно-цільовий (визначення основної мети, проміжних цілей засвоєння навчальних дисциплін);
- 2) змістовий (визначення структури, змісту і наповнення модулів навчальних дисциплін);
- 3) структурний (здійснення візуалізації навчального матеріалу, створення навчального відео, анімації, 3D-моделей, графічних ілюстрацій);
- 4) проєктувальний (розроблення гіпертекстового та мультимедійного матеріалу навчальних

дисциплін, розміщення його у бібліотеці та в електронному підручнику, створення інтерактивних тестових файлів);

5) узагальнювальний (розміщення електронного підручника в динамічному компоненті ВНК для підготовки майбутніх фахівців (це може бути Google Classroom, Google-блог, Wix.com, Moodle та ін.));

6) процесуальний (надання доступу фахівцям до користування ВНК після його розміщення у навчальному середовищу).

За результатами анкетування 138 викладачів виявлено, основні проблемні напрямки при використанні ВНК (за методом Парето):

1) створення та використання електронних навчальних посібників у підготовці майбутніх фахівців – 90,9 %;

2) проведення навчальних занять на основі застосування відеоконференцій – 89,0 %;

3) створення різнорівневих тестових завдань – 88,9 %;

4) створення та використання освітніх відеофрагментів на заняттях теоретичного та виробничого навчання – 85,1 %;

5) створення інфографіки навчального призначення – 83,1 %;

6) створення та використання анімаційних інтерактивних презентацій – 80,0 %.

З'ясовано, що більшість викладачів мають низький рівень підготовки з технології створення електронних навчальних посібників (знання – 49 %; досвід – 62 %), технологій створення анімаційних інтерактивних презентацій (54 % та 55 %), технологій створення електронних додатків навчальних досягнень майбутніх фахівців (56 % та 57 %). Також на низькому рівні продемонстрували викладачі обізнаність зі структури інформаційно-освітнього середовища та його використання (знання – 10 %; досвід – 28 %), а також з технологій створення тестів (низький рівень – 31 %) та створення інфографіки (29 %).

Ситуація з розробленням та використанням ВНК ускладнюється необхідністю володіння викладачами та консультантами широким спектром програмних засобів [20; 21; 22]. Крім знання алгоритму розроблення ВНК, його місця в інформаційно-освітньому середовищі закладу освіти викладачі повинні мати уявлення про використання інструментарію Microsoft Office, Savefrom.net, Adobe Acrobat DC, Adobe Photoshop, Premiere Pro, Adobe Audition, Adobe Captivate, Power Point, Adobe Media, Encoder, Blender3D, iSpring, Free Cam, SunRav, Bookeditor, My TestEditor, Easy GIF, Animator, VLC media player та ін. Також бути готовим до використання сервісу Google Classroom або інших сервісів управління навчанням (Google Meet, GetCourse, iSpring Online LMS, Moodle, Teachable, Schoology, TalentLMS, Teachbase, eTutorium LMS, ServiceGuru, Blackboard Learn, Versal, Unicraft, Edmodo, Edulance та ін.

Отже, використання ВНК потребує спеціальної підготовки не лише майбутніх фахівців, а й викладачів, що ускладнює процес їхнього широкого впровадження.

**Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у визначеному напрямі.** Впровадження віртуальних навчальних комплексів у навчальний процес для підвищення якості підготовки майбутніх фахівців інженерних спеціальностей є однією з важливих проблем, яку на сучасному етапі прагнуть розв'язати інженерні університети для підготовки майбутніх фахівців до ефективної професійної діяльності в умовах цифровізації виробничих та соціальних сфер життєдіяльності. ВНК побудовані таким чином, що під час вивчення нової інформації майбутні фахівці звертаються до різних джерел й повторно активують синаптичні зв'язки, активізуючи пам'ять, що сприяє запам'ятовуванню і як наслідок підвищенню якості підготовки фахівців.

Важливо дослідити проблеми сумісності ВНК, формування на їхній основі інформаційно-освітнього середовища закладу освіти, пошуку шляхів використання штучного інтелекту для удосконалення роботи майбутніх фахівців з ВНК.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rosas E. E. V., Fernández C. G. Pedagogical framework to develop interactive virtual tools for the teaching and learning of dynamic systems in Control Engineering. *IFAC-PapersOnLine*. 2022. № 55(17). P. 218–223. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.282>.

2. Vergara D., Fernández-Arias P., Extremera J., Dávila L. P., Rubio M. P. Educational trends post COVID-19 in engineering: Virtual laboratories. *Materials Today: Proceedings*. 2022. № 49(1). P. 155–160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.494>.
3. Al-Gahtani S. S. Empirical investigation of e-learning acceptance and assimilation: A structural equation model. *Applied Computing and Informatics*. 2016. № 12(1). P. 27–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.001>.
4. Edwards J. S. Where knowledge management and information management meet: Research directions. *International journal of information management*. 2022. № 63. 102458. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102458>.
5. Cattaneo A. A. P., Antonietti C., Rausedo V. How digitalised are vocational teachers? Assessing digital competence in vocational education and looking at its underlying factors. *Computers & Education*. 2022. № 176. 104358. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104358>.
6. Chen C-M., Li M-C., Chen Y-T. The effects of web-based inquiry learning mode with the support of collaborative digital reading annotation system on information literacy instruction. *Computers & Education*. 2022. № 179. 104428. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104428>.
7. Tang C., Mao S., Naumann S. E., Xing Z. Improving student creativity through digital technology products: A literature review. *Thinking Skills and Creativity*. 2022. № 44. 101032. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101032>.
8. Lacka E., Wong T. C., Haddoud M. Y. Can digital technologies improve students' efficiency? Exploring the role of virtual learning environment and social media use in higher education. *Computers & Education*. 2021. № 163. 104099. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104099>.
9. Hughes G. I., Thomas A. K. Retrieval practice and verbal-visuospatial transfer: From memorization to inductive learning. *Journal of Memory and Language*. 2023. № 129. 104402. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jml.2022.104402>.
10. Averell L., Heathcote A. The form of the forgetting curve and the fate of memories. *Journal of Mathematical Psychology*. 2011. 55(1). P. 25–35. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2010.08.009>.
11. Peltokorpi J., Jaber M. Y. Interference-adjusted power learning curve model with forgetting. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2022. № 88. 103257. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103257>.
12. Kang S. H. K. Spaced repetition promotes efficient and effective learning: policy implications for instruction. *Policy insights from the behavioral and brain sciences*. 2016. № 3(1). № 12–19. URL: <https://doi.org/10.1177/2372732215624708>.
13. Tautz D., Sprenger D. A., Schwaninger A. Evaluation of four digital tools and their perceived impact on active learning, repetition and feedback in a large university class. *Computers & Education*. 2021. № 175. 104338. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104338>.
14. Sekeres M. J., Bonasia K. L., St-Laurent M., Pishdadian S., Winocur G., Grady C. L., Moscovitch M. Recovering and preventing loss of detailed memory: differential rates of forgetting for detail types in episodic memory. *Learning & Memory*. 2016. № 23. P. 72–82. URL: <https://doi.org/10.1101/lm.039057.115>.
15. Zibetti E., Chevalier A., Eyraud R. What type of information displayed on digital scheduling software facilitates reflective planning tasks for students? Contributions to the design of a school task management tool. *Computers in Human Behavior*. 2012. № 28(2). P. 591–607. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.005>.
16. LaValle S. M. Combining sources of information. *Virtual reality*. Cambridge: University Press, 2016. P. 174–179.
17. *E-learning methodologies and good practices: A guide for designing and delivering e-learning solutions from the FAO elearning Academy*: 2nd edn. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. URL: <https://doi.org/10.4060/i2516e>.
18. Adesope O. O., Trevisan D. A., Sundararajan N. Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research*. 2017. № 87(3). P. 659–701. URL: <https://doi.org/10.3102/0034654316689306>.
19. Пригодій М. А. Методичні основи розроблення SMART-комплексів для підготовки кваліфікованих робітників аграрної, будівельної та машинобудівної галузей. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2021. Т. 3, № 1. С.1–8. URL: <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2021-3-1-2-8>.

20. Núñez-Canal M., de Obesso V., Pérez-Rivero C. A. New challenges in higher education: A study of the digital competence of educators in Covid times. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. № 174. P.121270. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121270>.
21. Cui Y., Ma Z., Wang L., Yang A., Liu Q., Kong S., Wang H. A survey on big data-enabled innovative online education systems during the COVID-19 pandemic. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023. № 8(1). P.100295. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100295>.
22. Perante W., Gomba F. Challenges to online engineering education during the Covid-19 Pandemic in Eastern Visayas, Philippines. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 2021. № 20(3). P. 84–96. URL: <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.6>.

## REFERENCES

1. Rosas E. E. V., Fernández C. G. Pedagogical framework to develop interactive virtual tools for the teaching and learning of dynamic systems in Control Engineering. *IFAC-PapersOnLine*. 2022. № 55(17). P. 218–223. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.282>. [in English].
2. Vergara D., Fernández-Arias P., Extremera J., Dávila L. P., Rubio M. P. Educational trends post COVID-19 in engineering: Virtual laboratories. *Materials Today: Proceedings*. 2022. № 49(1). P. 155–160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.494>. [in English].
3. Al-Gahtani S. S.: Empirical investigation of e-learning acceptance and assimilation: A structural equation model. *Applied Computing and Informatics*. 2016. № 12(1). P. 27–50. URL: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2014.09.001>. [in English].
4. Edwards J. S.: Where knowledge management and information management meet: Research directions. *International journal of information management*. 2022. № 63. 102458. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102458>. [in English].
5. Cattaneo A. A. P., Antonietti C., Rauseo V. How digitalised are vocational teachers? Assessing digital competence in vocational education and looking at its underlying factors. *Computers & Education*. 2022. № 176. 104358. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104358>. [in English].
6. Chen C-M., Li M-C., Chen Y-T. The effects of web-based inquiry learning mode with the support of collaborative digital reading annotation system on information literacy instruction. *Computers & Education*. 2022. № 179. 104428. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104428>. [in English].
7. Tang C., Mao S., Naumann S. E., Xing Z. Improving student creativity through digital technology products: A literature review. *Thinking Skills and Creativity*. 2022. № 44. 101032. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101032>. [in English].
8. Lacka E., Wong T. C., Haddoud M. Y. Can digital technologies improve students' efficiency? Exploring the role of virtual learning environment and social media use in higher education. *Computers & Education*. 2021. № 163, 104099. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104099>. [in English].
9. Hughes G. I., Thomas A. K. Retrieval practice and verbal-visuospatial transfer: From memorization to inductive learning. *Journal of Memory and Language*. 2023. № 129. 104402. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jml.2022.104402>. [in English].
10. Averell L., Heathcote A. The form of the forgetting curve and the fate of memories. *Journal of Mathematical Psychology*. 2011. 55(1). P. 25–35. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2010.08.009>. [in English].
11. Peltokorpi J., Jaber M. Y. Interference-adjusted power learning curve model with forgetting. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2022. № 88. 103257. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103257>. [in English].
12. Kang S. H. K. Spaced repetition promotes efficient and effective learning: policy implications for instruction. *Policy insights from the behavioral and brain sciences*. 2016. № 3(1). № 12–19. URL: <https://doi.org/10.1177/2372732215624708>. [in English].
13. Tautz D., Sprenger D. A., Schwanager A. Evaluation of four digital tools and their perceived impact on active learning, repetition and feedback in a large university class. *Computers & Education*. 2021. № 175. 104338. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104338>. [in English].
14. Sekeres M. J., Bonasia K. L., St-Laurent M., Pishdadian S., Winocur G., Grady C. L., Moscovitch M. Recovering and preventing loss of detailed memory: differential rates of forgetting for detail types in episodic memory. *Learning & Memory*. 2016. № 23. P. 72–82. URL: <https://doi.org/10.1101/lm.039057.115>. [in English].



15. Zibetti E., Chevalier A., Eyraud R. What type of information displayed on digital scheduling software facilitates reflective planning tasks for students? Contributions to the design of a school task management tool. *Computers in Human Behavior*. 2012. № 28(2). P. 591–607. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.005>. [in English].
16. LaValle S. M. Combining sources of information. *Virtual reality*. Cambridge: University Press, 2016. P. 174–179. [in English].
17. *E-learning methodologies and good practices: A guide for designing and delivering e-learning solutions from the FAO elearning Academy*: 2nd edn. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. URL: <https://doi.org/10.4060/i2516e>. [in English].
18. Adesope O. O., Trevisan D. A., Sundararajan N. Rethinking the use of tests: A meta-analysis of practice testing. *Review of Educational Research*. 2017. № 87(3). P. 659–701. URL: <https://doi.org/10.3102/0034654316689306>. [in English].
19. Pryhodii M. A. Metodychni osnovy rozroblennia SMART-kompleksiv dlia pidhotovky kvalifikovanykh robitnykiv ahrarnoi, budivelnoi ta mashynobudivnoi haluzei. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy*. 2021. T. 3. № 1. P.1-8. URL: <https://doi.org/10.37472/2707-305X-2021-3-1-2-8>. [in Ukrainian].
20. Núñez-Canal M., de Obesso V., Pérez-Rivero C. A. New challenges in higher education: A study of the digital competence of educators in Covid times. *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. № 174. P.121–270. URL: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121270>. [in English].
21. Cui Y., Ma Z., Wang L., Yang A., Liu Q., Kong S., Wang H. A survey on big data-enabled innovative online education systems during the COVID-19 pandemic. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2023. № 8(1). 100295. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100295>. [in English].
22. Perante W., Gomba F. Challenges to online engineering education during the Covid-19 Pandemic in Eastern Visayas, Philippines. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 2021. № 20(3). P. 84–96. URL: <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.6>. [in English].

Матеріал надійшов до редакції 20.04.2023 р.