

Міністерство освіти і науки України  
*Криворізький національний університет*

**Вісник**  
**Криворізького національного**  
**університету**

*Збірник наукових праць*

*Випуск 53*

**Кривий Ріг 2021**

Редакційна колегія: **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф. (головний редактор); **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф., (заступник головного редактора); **Азарян А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Бережний М.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Березовський А.А.**, д-р геол. наук, проф.; **Бровко Д.В.**, канд. тех. наук., доц.; **Вагонова О.Г.**, д-р економ. наук, проф.; **Варава Л.М.**, д-р економ. наук, проф.; **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Гірін В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Гурін А.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зінченко О.А.**, д-р економ. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф., Охрид, Македонія; **Ільяс Ніколае**, д-р техн. наук, проф., Петрошани, Румунія; **Калініченко В.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Кіяновський М.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Коробко В.М.**, д-р техн. наук, проф., Массачусетс, США; **Купін А.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Лялюк В.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун Н.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Несмашний Є.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Нусінов В.Я.**, д-р економ. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Перебудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Решетілова Т.Б.**, д-р економ. наук, проф.; **Рудь Ю.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Самуся В.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінолиций А.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінчук О.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Стороженко Л.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Титюк В.К.**, канд. техн. наук, доц.; **Ткаченко А.М.**, д-р економ. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Турило А.М.**, д-р економ. наук, проф.; **Учитель О.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Шишкін О.О.**, д-р техн. наук, проф.

Збірник внесено до Переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (наказ Міністерства освіти і науки України № 326 від 04.04.2018 р.).

Збірник індексується в наукометричних базах даних Google Scholar, Index Copernicus, Research Bible, Academic Keys та ін., в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»). Збірник надсилається до Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського НАН України та провідних наукових бібліотек України.

У матеріалах збірника викладено результати досліджень у галузі технічних та економічних наук. Розглянуто шляхи підвищення ефективності промислових виробництв, автоматизації, контролю та керування технологічними процесами. Важливе місце займають питання енергозбереження, економіки, надійності охорони праці, техніки безпеки, захисту довкілля.

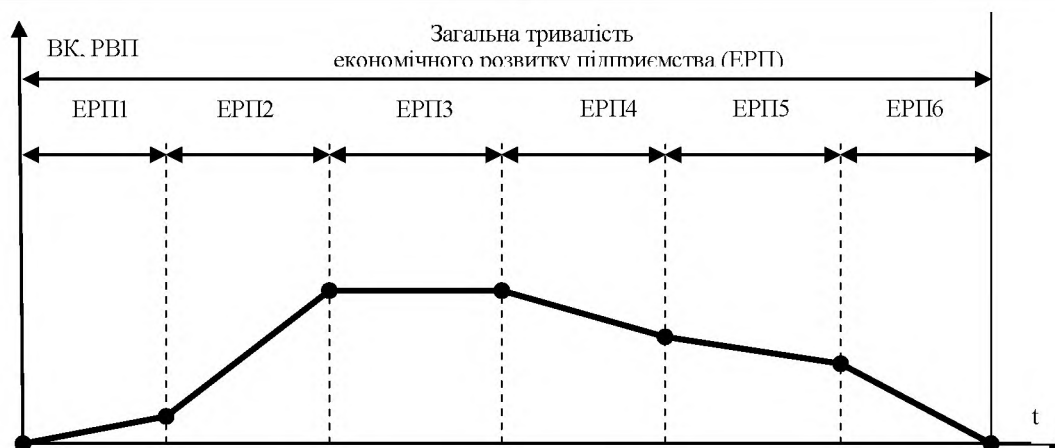
Наукові статті збірника рекомендовані науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам, магістрантам й аспірантам.

Випуск № 53 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 4 від 30.11.2021 року).

Адреса редакції: Криворізький національний університет  
вул. Пушкіна, 44, Кривий Ріг, 50002,  
Тел. (056) 409 61 29  
web-сайт <http://visnykknu.com.ua>

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

<i>В. С. Моркун, Н. В. Моркун, В. В. Тронь, А. А. Гапоненко, І. А. Гапоненко, О. Ю. Сердюк</i> Оперативне розпізнавання геолого-мінералогічних різновидів гірських порід на основі ультразвукових вимірювань .....	3
<i>О.В. Солодякин, В.Г. Шаповал, С.М. Гатсев, К.В. Кравченко, О.А. Солодякина</i> Комплексна оцінка впливу геомеханічних та технологічних факторів на інтенсифікацію деформаційних процесів в масиві порід навколо протяжних виробок .....	9
<i>М. В. Тимофеев, Г. В. Шамрина</i> Методика визначення мінімальної товщини теплоізолюючого шару в конструкції зовнішньої стіни .....	16
<i>Є.С. Руднев, В.А. Гальченко, Е.М. Філатьєва, М.І. Антощенко</i> Сірка у вкопному вугіллі як фактор прояву небезпечних властивостей шахтопластів .....	21
<i>О.С. Воденнікова, Л.В. Воденнікова, Д.Ю. Бабошко, П.В. Головков</i> Позадоменна десульфурація чавуну: теоретичні основи, сучасні технології та аналітично-розрахункова обробка показників десульфурації .....	28
<i>В.В. Яцун, О.Д. Почужевський, В.Ю. Тищенко</i> Імітаційне моделювання роботи вібраційного грохота, що працює в резонансному режимі .....	35
<i>О.М. Сінчук, Т.М. Берідзе, І.О. Сінчук, Ю.Б. Філіт</i> Засадничі імперативи сутності аналізу енергоємності видобутку залізорудної сировини на підземних підприємствах Кривбасу .....	40
<i>В.В. Єжов, В.М. Рясний, І.А. Євстратенко, З.Р. Маланчук, С.М. Чухарев</i> Стан аварійності на підприємствах гірничодобувної галузі України .....	47
<i>В. С. Моркун, Н. В. Моркун, В. В. Тронь, О. Ю. Сердюк, А. А. Гапоненко, І. А. Гапоненко</i> Формування інформаційної бази для управління процесом осадження часток твердої фази рудної пульпи у депламенторі .....	53
<i>О.С. Воденнікова, Л.В. Воденнікова, І.Е. Скідін, Л.Н. Сайтгарєєв, П.В. Головков</i> Позадоменна десульфурація чавуну: вибір раціональної технології та аналітично-розрахункова обробка показників десульфурації .....	57
<i>І. А. Маринич, О. Ю. Сердюк</i> Модель системи автоматичного керування компресорною установкою з стабілізацією тиску у повітряній магістралі .....	64
<i>І.І. Максимов, Т.М. Ковальчук, В.А. Ковальчук</i> Особливості підготовки здобувачів спеціальності «Гірництво» через систему професійно-орієнтованих математичних задач .....	70
<i>В.В. Суртаєв</i> Параметри роботи теплоутилізаційних установок, пристрою та системи утилізації теплоти парогазових викидів з тепловими .....	76
<i>А.А. Турило, С.А. Ртищев</i> Сутність категорії «економічний розвиток» .....	85
<i>А.О. Хруцький, Ю.Г. Горбачов, В.А. Громадський, Вікт.А. Громадський, Ю.І. Чумак</i> Дослідження шляхів реалізації віртуального лабораторного практикуму при підготовці фахівців з галузевого машинобудування .....	90
<i>С.О. Жуков, С.А. Харін, Ю.С. Паніж, В.В. Юденко, О.В. Коровіна</i> Ресурсно-управлінський аспект декарбонізації енергетики як прогресуючий тренд світової економіки .....	96
<i>V.I. Pakhomov, I.V. Hirin, Yu.A. Monastyrskiy, V. Yu. Tyshchenko</i> Rational profile for career roads .....	102
<i>О.В. Замницький, О.В. Ільченко</i> Дослідження сучасних методів охолодження стисненого повітря в турбокомпресорах .....	107
<i>N.O. Karabut, O.H. Rybalchenko, I.O. Dotsenko</i> Protection technology of data processed in distributed information systems .....	112
<i>О.М. Сінчук, А.І. Купін, І.О. Сінчук, М.Л. Барановська, К.І. Будніков</i> До розробки алгоритму енергоефективного керування електроенергетичним комплексом з розділеною генерацією електричної енергії в умовах залізрудних шахт .....	118
<i>О.В. Замницький, С.О. Крадожсон</i> Методика розрахунку конструктивних та технологічних параметрів установки для комбінованої сушки продуктів збагачення прямим впливом змінного електричного струму .....	126
<i>Д.Ю. Малих, Д.А. Титов, Г.І. Єременко</i> Енергетично-конструктивна аналітика адаптації мереж свердловинних зарядів до підривання масивів складної структури .....	131
<i>Л.І. Єфіменко, М.П. Тиханський, А.М.Тиханська</i> Адаптивні системи керування швидкістю стрічкового конвеєра за критерієм зниження металоємності опорних конструкцій .....	136
<i>В.А. Чубенко, Т.П. Ярош, А.А. Хіноцька</i> Дослідження внутрішньої структури металу в процесах прокатування металовиробів .....	140
<i>О. Є. Куліковська, В.О. Катюшков</i> Геодезія, картографія та кадастр в Японії .....	144
<i>А.М. Ялова, Н.В. Бондар</i> Вплив плакування та забруднення поверхонь нагріву на надійність роботи твердопаливних котлів на ТЕС .....	151
<i>А.М. Турило</i> Інтелектуальний і людський капітал в умовах інформаційно-інноваційної економіки – ключовий чинник адаптації і економічної безпеки підприємства .....	157
<i>D.V. Shvets</i> Iron ore grinding process at the concentrating plant under fuzzy and incomplete parameters .....	163
<b>АНОТАЦІЇ</b> ..	
<i>А н о т а ц і ї</i> .....	170



де ERP<sub>1</sub>, ERP<sub>2</sub>, ERP<sub>3</sub>, ERP<sub>4</sub>, ERP<sub>5</sub>, ERP<sub>6</sub> – види економічного розвитку, що характеризують відповідно періоди утворення, зростання, стабільності, падіння, кризи (банкрутства) і ліквідації підприємства.

**Рис. 4.** Основні види економічного розвитку підприємства за критеріями динаміки власного капіталу і ринкової вартості підприємства

#### Список літератури

1. Поддєрьогін А.М. Фінанси підприємств : підручник. К. : КНЕУ, 2013. – 460 с.
2. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» : затверджено Наказом Міністерства фінансів України від 31 грудня 1999 р. № 318, зі змінами та доповненнями [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0027-00>.
3. Прохар Н.В., Ночовна Ю.О. Облік доходів, витрат і фінансових результатів: проблеми теорії та практики : монографія. Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011. 257 с.
4. Самуельсон П. Экономика: Т. 1,2 / Самуельсон П. - М.: НПО «Алгон», 1992.- 414с.
5. Сорока С. Сутність витрат: історичний аспект. Економічний аналіз. 2010. Вип. 6. С. 152–154.
6. Турило А.М., Кравчук Ю.Б., Турило А.А. Управління витратами підприємства : навчальний посібник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 120 с.
7. Турило А.А., Турило А.М. Оцінка результативності, ефективності, продуктивності, збитковості підприємства : монографія. Кривий Ріг: Епод-Сервіс, 2009. 196 с.
8. Трухан О.Л. Розвиток теорії витрат: еволюція і сучасні тенденції. Вісник ЖДТУ. 2003. № 4. С. 380–388.
9. Цал-Цалко Ю.С. Витрати підприємства: навчальний посібник. К. : ЦУЛ, 2002. 656 с.
10. Циган Р.М., Савченко О.С. Проблеми формування прибутку підприємства в бухгалтерському обліку. Облік і фінанси АПК. 2011. № 2. С. 36–39.
11. Чернишова Л.І., Дженкова А.С. Особливості формування системи управління витратами вітчизняних підприємств. Інноваційна економіка. 2014. № 3 (52). С. 61–68.
12. Шаповалова Т.Ю., Фесенко Н.В. Аналіз сутності деяких категорій інвестиційної діяльності. Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. праць Харків: НТУ «ХПІ». 2011. № 26. С. 156-164

Рукопис подано до редакції 08.11.2021

УДК 004.78

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф.,  
В.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., Вікт.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук,  
Ю.І. ЧУМАК, ст. викл., Криворізький національний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ВІРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

**Мета.** Дослідження шляхів реалізації лабораторних занять у віртуальних освітніх середовищах для студентів технічних спеціальностей на основі узагальнення досвіду використання віртуальних лабораторних стендів, комплексів, наочних приладів та посібників, що максимально відтворюють обладнання галузі.

**Методи дослідження.** У роботі використано аналіз та узагальнення досвіду відомих досліджень та розробок з впровадження електронної форми навчання, зокрема реалізації віртуальних лабораторних робіт.

**Наукова новизна.** Розглянуто можливості застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, особливості їх реалізації, основні переваги та недоліки. Виокремлено наступні групи віртуальних стендів: для вивчення програмних продуктів; для вивчення конструкції реальних машин та їх вузлів; для дослідження окре-

© Хруцький А.О., Горбачов Ю.Г., Громадський В.А., Громадський Вікт.А., Чумак Ю.І., 2021

мих робочих процесів; симулятори роботи машин, обладнання та установок. Визначено сильні та слабкі сторони кожної групи стендів.

**Практична новизна.** Дано визначення віртуальної лабораторної роботи та наведено загальну схему її проведення. Встановлено, що визначені групи віртуальних стендів у тій чи іншій мірі можуть бути застосовані при навчанні інженерів-механіків з використанням сучасних освітніх веб-порталів для дистанційного навчання.

**Результати.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання віртуальних лабораторних стендів при підготовці інженерів-механіків сприятиме зростанню ефективності освітнього процесу завдяки забезпеченню активізації отриманих знань при самостійному виконанні дослідження, підвищенню їх мотивації та зацікавленості при засвоєнні нового матеріалу, набуття здобувачами навичок роботи з виробничим обладнанням при використанні автоматизованого робочого місця оператора. Віртуальні стенди можуть бути з успіхом використані як для очної, так і для заочної форм навчання, зокрема і у дистанційному форматі. Надалі планується розробка методики створення віртуального лабораторного стенду для навчального компоненту на базі компетентностей та програмних результатів освітньої та робочої програм.

**Ключові слова:** лабораторні роботи, віртуальний лабораторний стенд, ефективність освітнього процесу, віртуальний тренажер, самостійне навчання, дистанційне навчання.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-53-90-96

**Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Основним напрямом діяльності сучасного закладу вищої освіти технічного спрямування є розвиток теоретичних і практичних навичок у здобувачів, що сприятимуть забезпеченню сфери виробничої діяльності кваліфікованими фахівцями. Підготовка інженерів неможлива без організації і проведення лабораторних практикумів, які є базовим компонентом процесу навчання технічних спеціалістів.

Основною тенденцією розвитку навчального процесу закладів вищої освіти є скорочення кількості аудиторних годин з одночасним збільшенням годин самостійної роботи студентів. Причому, як зазначають самі автори, відбувається перетворення ролі викладача з основного джерела інформації на організатора та контролюючу особу самостійної роботи студентів. Відповідно така зміна потребує застосування більш ефективних засобів навчання [11].

Особливої уваги під час впровадження електронного навчання з технічних дисциплін заслуговує саме організація лабораторного практикуму, який є запорукою набуття здобувачами вищої освіти практичних навичок [11].

При виконанні лабораторних робіт перед здобувачами вищої освіти ставляться завдання навчально-дослідного характеру, які передбачають використання спеціалізованих лабораторних стендів та мають на меті перш за все допомогу в засвоєнні теоретичного матеріалу, подальше прищеплення навичок експериментальних досліджень і обробки отриманих результатів і, нарешті, формування практичних умінь і навичок роботи з реальними приладами, установками і обладнанням [11].

Разом з невід'ємними перевагами традиційного лабораторного практикуму, такими як висока наочність процесів, засвоєння техніки безпеки і вміння працювати з обладнанням, використання у навчанні більшості видів почуттів, відома низка недоліків [3, 4, 9]:

організаційний і часовий розрив між етапом підготовки до виконання лабораторної роботи і етапами виконання і контролю;

в наслідок слабого розвитку у студентів вміння роботи з літературою, нестачі часу і в силу ряду інших чинників більшість студентів приходять на лабораторний практикум непідготовленими, що негативно позначається і на ефективності виконання основних етапів лабораторної роботи;

проведення колективних занять за узгодженим графіком, а через те - обмежений доступ студентів до лабораторного устаткування;

при виконанні лабораторної роботи непідготовлений студент може отримати часткові експериментальні результати, не зрозумівши загальну картину досліджуваного фізичного явища, що призводить до низької ефективності використання навчального часу і самого процесу навчання;

лабораторна база вимагає постійного технічного обслуговування спеціальним персоналом внаслідок фізичного і морального застарівання та, за можливості, удосконалення, що призводить до додаткових фінансових витрат;

висока вартість лабораторного обладнання не дозволяє в короткі терміни розширити лабораторну базу і забезпечити гнучкість у навчанні;

неможливість дослідження екстремальних і аварійних режимів;  
можливість псування коштовного обладнання непідготованими здобувачами вищої освіти;  
можливість травмування здобувачів вищої освіти при виконанні лабораторних робіт;  
застосування традиційного лабораторного практикуму не представляється можливим при дистанційній формі навчання.

Окремо слід зауважити, що при підготовці інженерів-механіків з проектування, виготовлення та експлуатації механічного обладнання різних галузей, саме промислове обладнання, що є предметом вивчення, може бути великогабаритним (наприклад гірничі машини, такі як буровий верстат СБШ-250 або барабанний кульовий млин) і не можуть бути розміщені у лабораторії. Як зауважують дослідники [2, 10, 12, 13], традиційна методика проведення лабораторних робіт, незважаючи на свої переваги, в силу притаманних організаційно-методичних, техніко-економічних недоліків та обмеженості застосування робить її малоефективною для подальшого використання.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Альтернативною формою проведення очних лабораторних занять вважаються віртуальні лабораторні роботи [1-13].

Віртуальна лабораторна робота – це інформаційна система, що інтерактивно моделює реальний технічний об'єкт і його істотні для вивчення властивості із застосуванням засобів комп'ютерної візуалізації без використання інших технічних засобів навчання, крім самого комп'ютера (планшета, смартфон) [4, 9].

Але попри наведене визначення, як зазначено у роботі [7], на сьогодні не існує єдиного визначення поняття «віртуальна лабораторія», різні вчені по-різному трактують дане поняття, а також дають різні назви цим засобам: віртуальні лабораторії, віртуальні лабораторні стенди, віртуальні лабораторні засоби та ін. Наприклад дослідники наводять такі визначення:

програмно-апаратний комплекс, що дозволяє проводити досліди без безпосереднього контакту з реальною установкою або при повній її відсутності;

комп'ютерна програма для дослідження процесів та явищ;

педагогічний програмний засіб для імітації виконання лабораторних робіт в лабораторії.

З дидактичної точки зору віртуальну лабораторну роботу розглядають як форму, метод і засіб навчання, в процесі проведення якої студенти проводять певні досліди, використовуючи при цьому лише образи, що мають зовнішній вигляд і функції реальних предметів.

Проведення віртуальних лабораторних робіт, які є сучасними навчальними посібниками і засновані на комп'ютерному моделюванні реальних процесів, забезпечує якість підготовки, прискорює процес освоєння досліджуваного матеріалу. Основою віртуальних лабораторних стендів, що є аналогами реальних лабораторних установок, служать математичні моделі імітованих процесів. Таке моделювання забезпечує наочність досліджуваних процесів і дозволяє провести їх аналіз в необмеженому діапазоні умов [5].

Як зазначає автор [1], віртуальні стенди дозволяють кожному здобувачу вищої освіти моделювати виробничі процеси, а викладачам - контролювати засвоєння їх знань. При цьому зменшуються витрати часу на проведення лабораторних робіт, що пов'язано з використанням комп'ютерних ефектів. Автор особливо наголошує на економії фінансових ресурсів, пов'язаних з придбанням та експлуатацією реального лабораторного обладнання порівняно з віртуальним.

Основні переваги віртуальних лабораторних робіт [3-5, 11]:

можливість багаторазового повторення експерименту при різних початкових умовах;

значно зменшується ризик неправильної експлуатації і порушення правил техніки безпеки при роботі з реальними установками;

можливість досліджувати динаміку процесу в реальному і уповільненому масштабі часу, допомагають побачити фізичні закономірності процесів, що відбуваються;

можливість отримати більш точні результати, ніж при проведенні реального експерименту;

дозволяють викладачеві можливість одночасно працювати зі студентами всієї групи;

Однак, при всій привабливості та безсумнівній дидактичній вигоді комп'ютерного експерименту в навчанні, залишаються невирішеними декілька проблем.

Перша з них: сприйняття інформації студентами істотно відрізняється від того, як це відбувається при виконанні традиційної лабораторної роботи внаслідок відсутності безпосереднього контакту здобувачів з об'єктами вивчення та приладами. Без цього етапу сприйняття не може бути повноцінним. Отже, неповноцінним може виявитися і викладання відповідної дисципліни [7, 9].

Надалі виникає проблема отримання політехнічних навичок роботи з реальними приладами і установками. Дуже важлива і все ще мало досліджена проблема формування адекватного уявлення про світ при роботі з нереальними об'єктами. Частково цю проблему можна вирішити, використовуючи у процесі навчання програмні продукти, що максимально точно відображають процеси і явища, що відбуваються в реальному світі [7, 9].

Основним напрямом розробки віртуальних лабораторних стендів автори вважають детальне відтворення зовнішнього вигляду та елементів керування реальної лабораторної установки і реалізації математичної моделі, що описує залежності між вхідними та вихідними величинами. Це робить такий віртуальний стенд за своїми метрологічними характеристиками аналогічним до реального приладу. Для більш реалістичного відтворення роботи реальних лабораторних стендів, їх математичні моделі додатково відтворюють інерційність та вплив сторонніх факторів [11].

Як зазначають автори [11], дистанційні лабораторні стенди такого типу оптимально реалізовувати за допомогою web-програмування (за допомогою мов програмування JS, php, java, python, тощо), яке забезпечує виконання лабораторних робіт у браузері на комп'ютері, ноутбуці, планшеті або смартфоні без встановлення додаткового програмного забезпечення.

Переважає більшість розглянутих навчально-методичних розробок віртуальних лабораторій стосуються електротехнічної галузі, електроніки та автоматизації. Доробок для студентів-механіків дуже мало.

**Постановка задачі.** Метою статті є аналіз шляхів реалізації лабораторних занять у віртуальних освітніх середовищах для студентів-механіків на основі узагальнення досвіду використання віртуальних лабораторних стендів, комплексів, наочних приладів та посібників, що максимально відтворюють обладнання галузі.

**Викладення матеріалу та результати досліджень.** У результаті проведеного аналізу відомих досліджень та публікацій можна виокремити наступні групи віртуальних стендів за характером об'єктів для вивчення:

- для вивчення програмних продуктів;
  - для вивчення конструкції реальних машин та їх вузлів;
  - для дослідження окремих робочих процесів;
  - симулятори роботи машин, обладнання та установок.
- Розглянемо ці групи віртуальних стендів.

Першою групою, яку розглянемо, є віртуальні стенди для вивчення програмних продуктів.

Серед відомих засобів для розробки електронних курсів виокремимо потужний пакет Adobe Captivate, який має, серед інших, особливий вид проектів Software Simulation, що використовується для імітації роботи програмного забезпечення. При цьому з екрану записується не відео роботи користувача, а саме його послідовність дій. Adobe Captivate фіксує скріншоти після кожного кліку миші та розбиває їх на окремі слайди. Додатково запминаються і точки кліка миші та набір символів на клавіатурі [14].

Проект Software Simulation має три режими: demo, assessment і training [14].

Режим demo призначений для демонстрації роботи програмного забезпечення з коментаріями, при якій користувач не зобов'язаний виконувати будь-які дії [14].

Режим assessment призначений для перевірки знань користувача про роботу програмного забезпечення, що вивчається. При цьому система інформує користувача лише про те, що крок було виконано неправильно [14].

Режим training призначений для інтерактивного навчання користувача роботі з програмним забезпеченням через покрокове виконання заданих дій з вказівками на кожному кроці [14].

Загалом це дуже зручний і потужний інструмент для навчання інженерів-механіків роботі у сучасних САПР-системах, а самі матеріали у вигляді курсів, тренінгів та тестів можуть бути розміщені на веб-сторінці освітнього порталу для дистанційного навчання або як додатковий інструменти звичайного очного навчання.

Наступною групою є віртуальні стенди для вивчення конструкції реальних машин та їх вузлів, які базуються на можливостях розміщувати на Web-сторінках 3D моделей вузлів та деталей машин.

На сьогодні відомо багато варіантів розташування тривимірних моделей на веб-сторінках сайтів, але тільки eDrawings дає змогу не тільки розглянути модель, а і розрізати її перерізами у різних площинах, розбирати складання на окремі деталі, робити заміри та ін. Усе це робить

його назамінним та дуже потужним інструментом наочності при вивчення будови та принципу дії великогабаритних машин і обладнання та їх окремих вузлів [16].

Слід зазначити, що при розташування моделі на веб-сторінках недоступні деякі корисні можливості eDrawings, але він має можливість створювати виконуваний файли, що можуть бути розміщені на сторінці сайту та, при скачуванні, надати користувачеві повний інструментарій [16].

Як обмеження при застосуванні eDrawings слід відмітити потребу відповідності певним вимогам, що може привести до проблем з відображенням моделей для користувачів, що користуються планшетами та смартфонами. Також створювані файли можуть працювати тільки у системі Windows [16].

Група віртуальних стендів для дослідження окремих робочих процесів найкраще підходить для застосування в освітньому процесі для здобувачів другого (магістерського) та третього (доктор філософії) освітніх рівнів, оскільки включає у себе використання самими здобувачами наукових методів.

У роботі [3] наведено деталізовану схему проведення лабораторної роботи у віртуальній навчальній лабораторії (рис. 1), яку можна прийняти за основу при розробці віртуальних стендів, що моделюють реальні процеси.

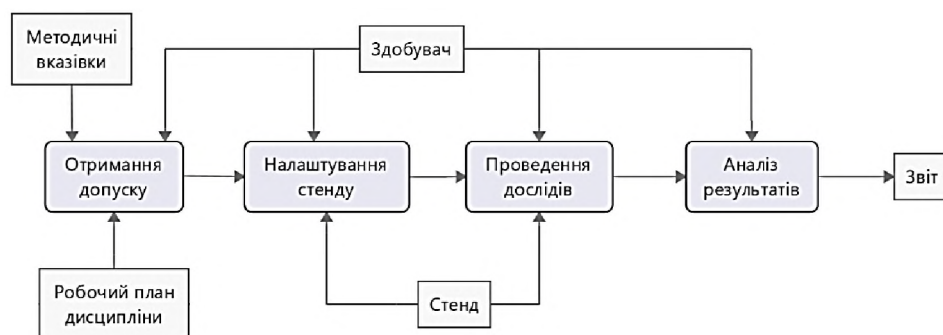


Рис 1. Схема проведення лабораторної роботи у віртуальній навчальній лабораторії [3]

Розглянемо працю [5], у якій наведено досвід реалізації віртуальної лабораторної установки для вивчення дисциплін «Термодинаміка», «Теплотехніка», «Тепломасообмін» (рис 2).

Сама віртуальна лабораторна установка містить математичну модель, що описує робочі процеси, та візуальні компоненти такі як елементи управління стендом, зв'язки між елементами установки, стан лабораторної установки з візуальними ефектами випаровування, кипіння, горіння та ін. [5].

Хід виконання робіт на такому стенді передбачає наступні кроки [5]:

на початку заняття викладач надає здобувачам теоретичну довідку, методичні вказівки та початкові параметри;

здобувачі вивчають отриману теоретичну довідку та виконують лабораторну роботу за методичними вказівками;

під час виконання роботи викладач може втрутитися в роботу окремого здобуча, а саме: задати кожному здобувачеві окремі параметри для проведення дослідів, переглянути параметри дослідів, зупинити або перезапустити процес;

здобувачі формують звіти з виконаної роботи.

Слід відзначити, що наведений віртуальний лабораторний стенд може бути використаний як під час очної, так і при дистанційній формах навчання.

Перший досвід використання віртуальних лабораторних стендів було отримано авторами даної статті при викладанні дисципліни «Методи планування та проведення наукових досліджень гірничого устаткування» для здобувачів третього освітньо-наукового рівня.

Стенди являють собою прості математичні лінійні та нелінійні моделі досліджуваних процесів, написані на JavaScript у вигляді мінімалістичних веб-додатків, розташованих на Освітньому порталі, що працює на базі системи дистанційного навчання Moodle (рис. 3).

Позитивний досвід роботи з такими стендами та схвальні відгуки від самих здобувачів підштовхнули до подальшого розвитку та впровадження подібних віртуальних стендів.





**Рис 2.** Віртуальний лабораторний стенд до лабораторної роботи з дисципліни «Термодинаміка» [5]



**Рис 3.** Віртуальний лабораторний стенд до лабораторної роботи з дисципліни «Методи планування та проведення наукових досліджень гірничого устаткування»

Останньою групою, що була виокремлена нами, є група віртуальних симуляторів і тренажерів роботи машин, обладнання та установок. Вони призначені для початкового навчання, вдосконалення або корекції навичок управління операторів машин, оптимізації та зменшення енерго- та ресурсозатрат при обслуговуванні та експлуатації машин шляхом формування практичних умінь, навичок моніторингу, налаштування та діагностики систем операторами машин.

Як приклад такої системи розглянемо симулятори фірми CYBERMINE, яка пропонує широкий спектр симуляторів бурових установок для підземних робіт на базі обладнання світових виробників, таких як Atlas Copco та Sandvik [15].

Симулятор бурової установки переносить машиніста у реалістичне віртуальне тривимірне середовище підземної копальні. Кабіна бурової установки відтворена з високою точністю, всі прилади та органи управління бурінням та рухом правильно розташовані навколо робочого місця машиніста [15].

Під час навчального циклу бурових робіт машиніст бурової установки виконує всі технологічні операції, які доводиться виконувати на реальній машині. Реалістична динаміка поведінки бурового модуля, гідравліки та взаємодія, що відповідає характеристикам порід (міцності порід, буримості та тріщинуватості), забезпечують високореалістичний досвід буріння, в якому можна точно визначити рівень безпеки та ефективності дій [15].

Навчальні модулі симулятора підземної бурової установки CYBERMINE також включають вправи на керування машиною, при виконанні яких машиніст повинен виявити необхідну обережність та вміння, щоб не допустити пошкоджень різних частин установки внаслідок зіткнень із ґрунтом, покрівлею та боками виробки [15].

Навчально-тренувальний комплекс підземної бурової установки CYBERMINE безперервно відстежує та записує дії машиніста, включаючи такі параметри, як показники точності буріння, дотримання вимог техніки безпеки, правильність техніки експлуатації обладнання та реакція на аварійні ситуації та відмови підсистем. Звіти за результатами навчання з подальшим розбором та коментарями інструктора є невід'ємною частиною системи підготовки та атестації машиністів підземних бурових установок [15].

Симулятор бурової установки CYBERMINE забезпечує високоефективне та результативне навчання без шкоди для продуктивності та ризику нещасних випадків навіть у найскладніших позаштатних ситуаціях, в яких може виявитися машиніст бурової установки [15].

Такі симулятори є дуже схожими на комп'ютерні ігри, що відтворюють процес управління технікою. Реалізація таких проектів в онлайн середовищі пов'язана зі складнощами розробки програмного продукту. Широке поширення мобільних браузерних ігор дає надію на можливість використання таких потужних симуляторів в дистанційному навчанні.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Встановлено, що використання віртуальних лабораторних стендів при підготовці інженерів-механіків сприятиме збільшенню ефективності освітнього процесу завдяки забезпеченню активізації отриманих знань при самостійному виконанні дослідження, підвищенню їх мотивації та зацікавленості при засвоєнні нового матеріалу, набуття здобувачами навичок роботи з виробничим обладнанням при з використанні автоматизованого робочого місця оператора. Віртуальні стенди можуть бути з успіхом використані як для очної, так і для заочної форм навчання, зокрема і у дистанційному форматі.

Виокремлені чотири групи віртуальних стендів за характером об'єктів, що вивчаються, та проаналізовано з точки зору можливості застосування їх в освітньому процесі з використан-

ням інтернет-технологій. Встановлено, що усі вони у тій чи іншій мірі можуть бути застосовані у навчанні інженерів-механіків з використанням сучасних освітніх веб-порталів для дистанційного навчання.

Надалі планується розробка методики створення віртуального стенду для навчального компоненту на базі ОПП та робочої програми з навчальної дисципліни.

#### Список літератури

1. **Абдуллаев А.Х.** Виртуальные лабораторные стенды и рекомендации по их использованию в непрерывном образовании // Образование через всю жизнь: становление и развитие непрерывного образования в рамках единого образовательного пространства евразийского экономического сообщества II Материалы докладов участников международной конференции (Санкт-Петербург, 22—23 июня 2004 г.) / Под науч. ред. Н. А. Лобанова и В. Н. Скворцова. — СПб.: Издательский дом «Петрополис», 2004. - С.3-7.
2. **Березюк О.В.** Використання віртуального лабораторного стенда для проведення лабораторної роботи «Дослідження ефективності освітлення у виробничих приміщеннях» // Педагогіка безпеки, 2017.- № 1.- С. 35-39.
3. **Бобрівник К.Є., Гладка М.В., Кіктев М.О.** Проектування віртуальної навчальної лабораторії для студентів технічно-технологічних спеціальностей // Енергетика і автоматика, 2014.- №3.- С.18-23.
4. **Дубровин В.С.** Использование виртуальных лабораторных работ – как элемент повышения качества подготовки специалистов // High technologies in Earth space research, 2012.- № 2.- С.11-13.
5. **Меркулов В.И., Мухаметдинова Л.Д.** Виртуальные лабораторные работы по курсам «Термодинамика», «Теплотехника», «Тепломассообмен» // Известия МГТУ «МАМИ», 2014.- т.5.- № 1(19).- С. 180-185.
6. **Петрович С.Д.** Використання моделей у професійній підготовці фахівців технічного профілю на основі LMS MOODLE. URL: <http://2015.moodlemoot.in.ua/course/view.php?id=73>.
7. **Почтовюк С. І., Білик О. В.** Використання віртуального лабораторного засобу в процесі навчання майбутніх електриків // Актуальні питання сучасної інформатики, 2016.- №3.- С.239-242.
8. **Прудка О.В.** Розробка віртуальних стендів на базі NI LabView для використання у дистанційному навчанні // Штучний інтелект, 2008.- №4.- С.493-499.
9. **Репьев Ю.Г., Платонов А.В.** Информационная электротехническая лаборатория в открытом образовании // Открытое образование, 2005.- №6.- С.12-17.
10. **Чорний О.П., Родькін Д.Й., Євсіфєєв В.О.** Віртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу і наукових досліджень // Передовые технологии и технические решения, 2008.- №4.- С.15.
11. **Чеховський С.А.** та ін. Розробка віртуальних лабораторних стендів для вимірювання тиску, температури та витрати / **С.А. Чеховський, Н.М. Піндус, Л.А. Витвицька, В.В. Остапів, Н.Б. Долішня, С.М. Белей, Б.І. Прудніков** // Системи обробки інформації, 2010.- випуск 4 (85).- С.77-80.
12. **Цвенгер И.Г.** Новые информационные технологии в лабораторном практикуме // Вестник Казанского государственного энергетического университета, 2013.- № 2 (17).- С.147-157.
13. **Цвенгер И.Г., Цвенгер Ю.В.** Концепция реализации лабораторного практикума в современном техническом университете // Вестник технологического университета, 2012.- т.15.- в.22.- С.210-213.
14. Create a software simulation. URL: <https://helpx.adobe.com/ua/captivate/how-to/create-software-simulations.html>
15. CYBERmine simulator system. Underground drill rig simulators. URL: <https://www.thoroughtec.com/wp-content/downloads/cybermine/English/CYBERMINE%20Underground%20Drill%20Rig%20Simulator%20Brochure.pdf>
16. SOLIDWORKS eDrawings. URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-edrawings>

Рукопис подано до редакції 09.11.2021

УДК 338.26:621

**С.О. ЖУКОВ**, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет

**С.А. ХАРИН**, д-р техн. наук, проф., Ю.С. ПАПІЖ, канд. екон. наук, доц.,

**В.В. ЮДЕНКО**, ст. викл., Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

**О.В. КОРОВІНА**, канд. екон. наук, доц., Криворізький державний педагогічний університет

## РЕСУРСНО-УПРАВЛІНСЬКИЙ АСПЕКТ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЕНЕРГЕТИКИ ЯК ПРОГРЕСУЮЧИЙ ТРЕНД СВІТОВОЇ ЕКОНОМІКИ

**Мета.** Аналіз сучасного стану та перспектив впливу викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу планети на прояв кліматичних явищ, аналіз динаміки світової електроенергетики та можливостей прийняття управлінських рішень з вибору оптимальних напрямків її розвитку в контексті декарбонізації.

**Методи дослідження.** У роботі використано комплексний підхід, методи аналізу і синтезу. Дослідження ґрунтується на офіційних відомостях світової економічної статистики, вивченні даних міжнародних інформаційних агентств та організацій.

**Наукова новизна.** На основі аналізу динаміки світової електроенергетики запропоновано матрицю аналізу різних видів електростанцій за групою критеріїв у контексті менеджменту декарбонізації.

розвитку тісно пов'язані між собою (як прямими так і зворотними зв'язками). Так економічний розвиток регіону або галузі залежить від рівня економічного розвитку підприємств, які розташовані на території даного регіону або відносяться до відповідної галузі. Сукупний економічний розвиток регіонів, так само як і економічний розвиток усіх галузей народного господарства, забезпечує економічний розвиток країни, який в свою чергу є внеском у загальний світовий економічний розвиток. Також існує і зворотній зв'язок між наведеними видами економічного розвитку.

**Практична значимість.** На підставі аналізу існуючих методів оцінки ефективності економічного розвитку різних видів підприємств, було розроблено уніфіковану класифікацію підприємств та запропоновано власну методикою оцінки ефективності їх економічного розвитку. Кожен тип економічного розвитку характеризує направлену, закономірну зміну певного об'єкту і повинен мати власну систему показників та критеріїв, які б найбільш точно характеризували ефективність даного процесу. Зв'язок між ними такий, що в основі показників економічного розвитку країни, регіону або галузі повинні лежати показники економічного розвитку підприємства.

Найважливіша методологічна відмінність термінів «економічний розвиток підприємства», «економічний розвиток регіону», «економічний розвиток галузі» та «економічний розвиток країни» полягає в тому, що, якщо окреме підприємство може функціонувати зі збитком, може збанкрутувати і взагалі бути ліквідованим, то регіон, як сукупність усіх суб'єктів господарювання, зосереджених на певній території (а це не тільки підприємства) і тим паче країна, не можуть бути ліквідованими.

**Результати.** У даній статті досліджено сутність категорії «економічний розвиток» і розглянуто особливості економічного розвитку підприємств.

**Ключові слова:** економічний розвиток, ефективність, економічне зростання

**Turylo A.A., Rtishchev S.A.** Essence of the economic development category

**Purpose.** To disclose the essence of "economic development" and the definition of the features of the assessment of the mechanism of economic development of enterprises.

**Research methods.** The authors of the work presented a scientific and logical approach to defining the essence of the category "economic development".

**Scientific novelty.** Research and evaluation of the economic development of an enterprise occupies an important place among modern economic science and practice. Despite the great interest in this area of research among domestic and foreign scientists, at the moment, many issues remain controversial. Therefore, a detailed analysis and the proposed classification of an enterprise by types of economic development is relevant. All types of economic development are closely related to each other (both direct and feedback). So, the economic development of a region or industry depends on the level of economic development of enterprises located in the territory of a given region or related to the relevant industry. The aggregate economic development of the regions, as well as the economic development of all sectors of the national economy, ensures the economic development of the country, which in turn is a contribution to the overall world economic development. There is also an inverse relationship between the above types of economic development.

**Practical significance.** Based on the analysis of existing methods for assessing the effectiveness of the economic development of various types of enterprises, a unified classification of enterprises was developed and its own method for assessing the effectiveness of their economic development was proposed. Each type of economic development characterizes a directed, natural change in a certain object and must have its own system of indicators and criteria that most accurately characterize the effectiveness of this process. The connection between them is such that the indicators of economic development of a country, region or industry should be based on indicators of the economic development of an enterprise.

The most important methodological difference between the terms "economic development of an enterprise", "economic development of the region", "economic development of the industry" and "economic development of the country" is that if an individual enterprise can operate at a loss, can go bankrupt and be liquidated altogether, then the region, as a set of all economic entities concentrated on a certain territory (and these are not only enterprises), and even more so a country, cannot be liquidated.

**Results.** This article examines the essence of the category "economic development" and examines the features of the economic development of enterprises.

**Key words:** economic development, efficiency, economic growth.

УДК 004.78

**Хруцький А.О., Горбачов Ю.Г., Громадський В.А., Громадський Вікт.А., Чумак Ю.І.** Дослідження шляхів реалізації віртуального лабораторного практикуму при підготовці фахівців з галузевого машинобудування

**Мета.** Дослідження шляхів реалізації лабораторних занять у віртуальних освітніх середовищах для студентів технічних спеціальностей на основі узагальнення досвіду використання віртуальних лабораторних стендів, комплексів, научних приладів та посібників, що максимально відтворюють обладнання галузі.

**Методи дослідження.** У роботі використано аналіз та узагальнення досвіду відомих досліджень та розробок з впровадження електронної форми навчання, зокрема реалізації віртуальних лабораторних робіт.

**Наукова новизна.** Розглянуто можливості застосування у навчальному процесі віртуальних лабораторних стендів, особливості їх реалізації, основні переваги та недоліки. Виокремлено наступні групи віртуальних стендів: для вивчення програмних продуктів; для вивчення конструкції реальних машин та їх вузлів; для дослідження окремих робочих процесів; симулятори роботи машин, обладнання та установок. Визначено сильні та слабкі сторони кожної групи стендів.

**Практична новизна.** Дано визначення віртуальної лабораторної роботи та наведено загальну схему її проведення. Встановлено, що визначені групи віртуальних стендів у тій чи іншій мірі можуть бути застосовані при навчанні інженерів-механіків з використанням сучасних освітніх веб-порталів для дистанційного навчання.

**Результати.** У результаті проведеного дослідження встановлено, що використання віртуальних лабораторних стендів при підготовці інженерів-механіків сприятиме зростанню ефективності освітнього процесу завдяки забезпеченню активізації отриманих знань при самостійному виконанні дослідження, підвищення їх мотивації та зацікавленості при засвоєнні нового матеріалу, набуття здобувачами навичок роботи з виробничим обладнанням при використанні

автоматизованого робочого місця оператора. Віртуальні стенди можуть бути з успіхом використані як для очної, так і для заочної форм навчання, зокрема і у дистанційному форматі. Надалі планується розробка методик створення віртуального лабораторного стенду для навчального компоненту на базі компетентностей та програмних результатів освітньої та робочої програм.

**Ключові слова:** лабораторній роботі, віртуальний лабораторний стенд, ефективність освітнього процесу, віртуальний тренажер, самостійне навчання, дистанційне навчання

**Khrutskiy A.O., Gorbachov Yu.G., Gromadskiy V.A., Gromadskiy Vik.A., Chumak Yu.I.** Research of virtual laboratory workshop implementation ways for training of specialists of industrial machinery engineering

**Purpose.** Research of laboratory employment realization ways in virtual educational environments for of technical specialties students on the general experience basis use of virtual laboratory stands, complexes, visual devices and the devices reproducing the equipment of the branch as much as possible.

**Research methods.** The analysis and generalization of known researches and developments experience on introduction of the electronic form of training, in particular realization of virtual laboratory works is used in the work.

**Scientific novelty.** Possibilities of virtual laboratory stands application in educational process, features of their realization, the basic advantages and lacks are considered. The following groups of virtual stands have been singled out: for software products studying; for the design of real machines and their components to studying; for individual work processes studying; simulators of machines, equipment and installations. The strengths and weaknesses of each group of stands have been identified.

**Practical significance.** The definition of virtual laboratory work is given and the general scheme of its carrying out is given. It has been established that certain groups of virtual stands can be used to one degree or another in the training of mechanical engineers using modern educational web portals for distance learning.

**Results.** As a result of the study it was found that the use of virtual laboratory stands in the training of mechanical engineers will increase the efficiency of the educational process by ensuring the activation of knowledge in independent research, increase their motivation and interest in learning new material. automated operator's workplace. Virtual stands can be successfully used for both full-time and part-time forms of education, including distance learning. In the future it is planned to develop a methodology for creating a virtual laboratory stand for the educational component based on the competencies and program results of educational and work programs.

**Key words:** laboratory work, virtual laboratory stand, efficiency of educational process, virtual simulator, independent learning, distance learning

---

УДК 338.26:621

**Жуков С.О., Харін С.А., Папіж Ю.С., Юденко В.В., Коровіна О.В.** Ресурсно-управлінський аспект декарбонізації енергетики як прогресуючий тренд світової економіки

**Мета.** Аналіз сучасного стану та перспектив впливу викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу планети на прояв кліматичних явищ, аналіз динаміки світової електроенергетики та можливостей прийняття управлінських рішень з вибору оптимальних напрямків її розвитку в контексті декарбонізації.

**Методи дослідження.** У роботі використано комплексний підхід, методи аналізу і синтезу. Дослідження ґрунтується на офіційних відомостях світової економічної статистики, вивченні даних міжнародних інформаційних агентств та організацій.

**Наукова новизна.** На основі аналізу динаміки світової електроенергетики запропоновано матрицю аналізу різних видів електростанцій за групою критеріїв у контексті менеджменту декарбонізації.

**Практичне значення.** Матриця аналізу за групою критеріїв сприяє прийняттю управлінських рішень з розвитку певних видів підприємств електроенергетики у контексті менеджменту декарбонізації.

**Результати.** Аналіз глобальних екологічних викликів, які стали сьогодні реальністю та можливих шляхів розвитку світової електроенергетики в контексті декарбонізації дозволив встановити наступне. Температура атмосфери планети зростає сьогодні і зростатиме надалі з неминучістю у зв'язку з неможливістю не тільки скорочення існуючого рівня викидів вуглекислого газу, а й навіть збереження такого рівня викидів, який є нині. Разом з тим людство все далі більш чітко усвідомлює наростаючу небезпеку і шукає способи боротьби з нею. Найбільш гострою проблемою енергетики є одержання первинної електричної енергії, у контексті декарбонізації – одержання такої енергії без викиду вуглекислого газу або з мінімально можливим викидом. В даний час отримання кількості енергії, що повністю задовольняє потребам людства, тільки екологічними способами поки не є можливим. Дослідження світового досвіду формування перспектив електроенергетики показав необхідність активного розвитку, як кількісного, так й ефективності вітрових, сонячних електростанцій, сьогодні і в тривалій перспективі. На основі вивчення динаміки світової електроенергетики запропоновано матрицю аналізу різних видів електростанцій за групою критеріїв у контексті менеджменту декарбонізації.

**Ключові слова:** менеджмент, кліматичні зміни, Конференція ООН зі зміни клімату 2021 р., декарбонізація, енергетика, матриця аналізу.

**Zhukov S.O., Kharin S.A., Papizh Yu.S., Yudenko V.V., Korovina O.V.** The resource-management aspect of the decarbonization of the energy sector as a progressive trend in the world economy

**Purpose.** Analysis of the current state and prospects of the impact of CO<sub>2</sub> emissions into the planet's atmosphere on the manifestation of climatic phenomena, analysis of the dynamics of global electricity and opportunities for management decisions to choose the optimal directions of its development in the context of decarbonization.

**Research methods.** The paper uses a comprehensive approach, methods of analysis and synthesis. The study is based on official data from world economic statistics, a study of data from international news agencies and organizations.

**Scientific novelty.** Based on the analysis of the dynamics of world electricity, a matrix of analysis of different types of power plants by a group of criteria in the context of decarbonization management is proposed.