

UDC 378.14

DOI: 10.30977/VEIT.2023.24.0.4

## Інноваційні підходи до навчання студентів технічних спеціальностей в умовах війни в Україні

Аргун Щ.В.<sup>1</sup>, Трунова І.С.<sup>1</sup>, Гнатов А.В.<sup>1</sup>, Гнатова Г.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Через війну в Україні заклади освіти зазнали руйнувань, відбулось масове переміщення студентів в межах країни та за кордон. Це погіршило якість надання освітніх послуг, особливо для технічних спеціальностей, де неможливе повноцінне навчання без лабораторних та практичних робіт. Метою цієї статті є пошук шляхів вирішення проблеми навчання українських студентів технічних спеціальностей під час війни. В статті розглянуто можливості дистанційного навчання в закордонних університетах без виїзду за кордон, а також використання лабораторії цифрової віддаленої електротехнічної освіти "My digital electrical engineering", розробленої в Ризькому технічному університеті. Результати дослідження можуть бути використані для покращення дистанційного навчання в технічних ВНЗ України, що дозволить студентам продовжувати навчання під час війни, забезпечуючи якість та безпеку освіти.*

***Ключові слова:** дистанційна освіта; електротехніка; енергетика; війна в Україні; онлайн навчання; цифрові інструменти; віртуальні лабораторії; якість освіти; інтернет речей.*

### Вступ

Триваюча збройна агресія російської федерації проти України спричинила загрозу життю та здоров'ю всіх громадян України. Це суттєво вплинуло на всі сфери життя, в тому числі і на освіту. В багатьох регіонах України навчальні заклади зазнали масштабних руйнувань – пошкоджено, а в деяких випадках, повністю зруйновано навчальні приміщення з усім матеріально-технічним обладнанням. Навіть в тих містах, де залишились незруйнованими освітні заклади, існує дуже велика небезпека (загроза життю) для студентів та працівників освіти, тому навіть там заняття переведені у дистанційну форму [1]. Тим паче це стосується українських територій, які знаходяться під окупацією, де повністю відсутня можливість проводити заняття.

В зв'язку з цим задля створення безпечно-го освітнього середовища для учасників освітнього процесу у областях, де тривають активні бойові дії, у відповідності до рекомен-

дацій Міністерства освіти і науки України, в частині навчальних закладів, де немає можливості проводити заняття face-to-face, навчання було переведено на віддалену/дистанційну або змішану форму, залежно від ситуації в конкретному регіоні [2].

### Аналіз публікацій

Як повідомляє Департамент освіти станом на 22 лютого 2023 року: «Внаслідок численних наземних та повітряних обстрілів було пошкоджено 241 будівлю закладів освіти, що складає 55% освітнього фонду міста Харкова» [3]. Навчальні заклади у прифронтових та окупованих областях, зокрема у місті Харкові, змушені проводити всю навчальну діяльність віддалено.

Навчання студентів на технічних спеціальностях неможливе без проведення лабораторних та практичних робіт. Наприклад, особливою підготовки фахівців у Харківському національному автомобільно-дорожньому

університеті (ХНАДУ) за спеціальністю “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” є забезпечення умов для розвитку знань і вмінь розв’язування складних спеціалізованих задач, вирішення практичних проблем в галузі електромобілів, автомобільної електроніки та енергозберігаючих технологій [4]. Це передбачає використання лабораторного обладнання.

Під час пандемії COVID-19 навчальні заклади усього світу стикнулись з необхідністю проведення занять віддалено. Наразі існує багато прикладів успішного вирішення проблеми проведення лабораторних і практичних занять дистанційно. В них використовуються інноваційні підходи та технології.

Наприклад, Массачусетський технологічний інститут (MIT) розробив систему віддаленого доступу (RAT), яка надає можливість вчителям управляти віртуальною класною кімнатою для курсів інформатики та електроніки [5]. Використання RAT у дистанційній освіті дає змогу викладачам безпосередньо керувати класом, надавати негайну підтримку учням, які навчаються дистанційно, взаємодіяти в режимі реального часу з віртуальною класною кімнатою, отримувати знімки віртуального класу у реальному часі та контролювати їх екзамен та навчальну діяльність з високою ефективністю.

Іншим прикладом є Стенфордський університет. У ньому використовуються віртуальні лабораторії та симуляційні програми для навчання студентів на практичних курсах, таких як механіка, фізика та інженерія. Наприклад, вони створили віртуальну лабораторію з робототехніки, де студенти можуть програмувати та керувати віртуальними роботами для виконання завдань [6].

Кембриджський університет також розробив спеціальну платформу, яка надає студентам можливість віртуально працювати зі складними науковими інструментами та обладнанням. Зокрема, для студентів механічного факультету була створена віртуальна лабораторія, яка дозволяє виконувати експерименти з реальними інструментами та отримувати дані в режимі реального часу. Цей підхід дозволяє студентам отримувати практичні навички навіть на віддаленому навчанні [7].

Крім перелічених вище, розроблені і інші віртуальні лабораторії: для підтримки курсів щодо розробки хімічних реакцій [8], для проведення віртуальних експериментів під час

навчання студентів у загально фізичній лабораторії [9], на факультеті машинобудування – лабораторії віртуальної механіки рідини [10] і багато інших.

Але загальною проблемою використання цих прогресивних наробок в українських університетах під час війни є відсутність матеріально-технічної бази, небезпека для викладацького та інженерного персоналу та відсутність програмного забезпечення.

В Харківському Національному Автомобільно-Дорожньому Університеті, як і в інших українських навчальних закладах, під час пандемії також було розроблено лабораторні та практичні роботи [11]. Деякі з них були повністю побудовані на використанні пакетів прикладних програм, деякі – передбачали присутність викладача в лабораторії, а студентів – віддалено [12–14]. Але, наразі, більшість лабораторій та серверів українських університетів постраждало або немає доступу до них. Незважаючи на військові дії, в Україні продовжується навчання студентів, але через обмежені можливості проведення лабораторних та практичних занять для студентів, що навчаються за прикладними спеціальностями, погіршується рівень надання освітніх послуг і, відповідно, рівень знань та вмінь, отримуваних здобувачами освіти.

### Мета та постановка задачі

Метою даної роботи є пошук шляхів вирішення проблеми навчання українських студентів технічних спеціальностей під час війни для забезпечення безпеки і підвищення якості надання освітніх послуг.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих способів проведення лабораторних та практичних робіт у режимі дистанційного навчання;

- пошук шляхів запозичення існуючого досвіду дистанційного проведення лабораторних та практичних робіт і можливостей їх використання в освітньому процесі українських ВНЗ в умовах війни;

- дослідження побудови лабораторії цифрової віддаленої електротехнічної освіти (РТУ) на основі “Internet of things” IoT та алгоритму роботи з нею;

- розробка алгоритму імплементації лабораторії цифрової віддаленої електротехнічної освіти у навчальний процес ХНАДУ.

## **1. Способи навчання українських студентів віддалено**

Аналіз існуючих способів і наявних можливостей вирішення проблеми дистанційного навчання студентів технічних спеціальностей показав, що є два шляхи:

- міжнародна співпраця, яка включає в себе мобільність студентів;
- дистанційне навчання українських студентів в іноземних університетах без переміщення за кордон.

Розглянемо ці способи.

### *1.1. Мобільність студентів*

Цей спосіб полягає в тому, що студенти під час дії воєнного стану навчаються в іноземних ВНЗ очно.

З точки зору ефективності цей спосіб здається дуже перспективним, особливо, якщо враховувати міжнародну підтримку українських студентів [15–18]. Але далеко не всі студенти можуть скористатися такою допомогою. Однією з причин є мовний бар'єр. Проведене дослідження володіння іноземними мовами (англійська, польська, турецька, угорська, іспанська, французька та німецька) серед українців показало, що «взагалі не володіють іноземними мовами на будь-якому рівні майже третина дорослих жителів України – 31,8%» [19].

Крім того, існує і інша проблема. Розглянемо її на прикладі українського університету ХНАДУ. На автомобільному факультеті університету навчається 1150 студентів, 1132 з них – хлопці. Це співвідношення не є виключенням. В українських університетах на технічних спеціальностях навчається суттєво більше хлопців ніж дівчат. Знання цієї статистики важливо, тому що з початку дії воєнного стану в Україні, військовозобов'язаним чоловікам віком від 18 до 60 років заборонено виїзд за кордон. Через це, саме для студентів технічних спеціальностей, розглянутий спосіб не перекриває всі потреби і вирішує проблему лише частково.

*2.2. Дистанційне навчання українських студентів в іноземних університетах без переміщення за кордон.*

Цей спосіб полягає у тому, що студенти знаходяться в Україні в безпечних для себе місцях, тобто не обов'язково в місцях знаходження університетів, в яких вони навчаються. Важливою умовою є наявність інтернету та комп'ютера (планшета або мобільного телефону). Заняття відбуваються віддалено.

Студенти використовують віртуальну навчальну базу лабораторії та програмне забезпечення “приймаючого” університету, з яким укладено договір про співпрацю і інформаційну підтримку.

Заняття проводяться викладачами з України. На наш погляд цей спосіб є перспективним та має великі можливості для його реалізації.

## **2. Віддалені практичні заняття на основі ІоТ для українських студентів**

*2.1 Аналіз існуючих способів проведення лабораторних та практичних робіт у режимі дистанційного навчання.*

В ХНАДУ на кафедрі автомобільної електроніки, яка займається розробками енергогенеруючих пристроїв і випускає фахівців зі спеціальності “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” є ряд електротехнічних дисциплін: «Електротехніка», «Електроніка», «Мікропроцесорна техніка», «Електричні машини та апарати», «Теорія електроприводу», повне опанування яких неможливе без проведення практичних та лабораторних робіт.

Наразі деякі лабораторні та практичні роботи проводяться віддалено з використанням пакетів прикладних програм (Electronics Workbench, Multisim, Proteus, Math Lab/Simulink та багато інших) та з використанням навчального відео контенту. При використанні навчального відео студенти виступають як спостерігачі, тобто викладач демонструє відео, і в процесі демонстрації дає роз'яснення та наголошує на важливих моментах [14].

Але для формування висококласних фахівців цих засобів недостатньо. Симуляція фізичних процесів не є досконалою. Вона не враховує всі реальні процеси, які протікають в електричних та магнітних колах, а спостереження за роботою інших не замінює досвід, який студент повинен отримати під час самостійного виконання роботи.

Ця проблема торкнулася не тільки українських ВНЗ, а також і європейських закладів освіти, які були змушені проводити заняття віддалено під час пандемії [20].

Деякі з них доволі успішно вирішили цю проблему. Наприклад, в РТУ під керівництвом Peteris Apse-Apsitis розроблено дистанційну лабораторію «Му digital electrical engineering» (MDEE), яка базується на



Internet of Things (IoT) [21].

Інтернет речей – це безліч фізичних об'єктів, підключених до Інтернету та даних, що обмінюються. Типова система IoT працює за допомогою збору та обміну даними в режимі реального часу. На рис. 2 представлено типову архітектуру IoT системи [22].

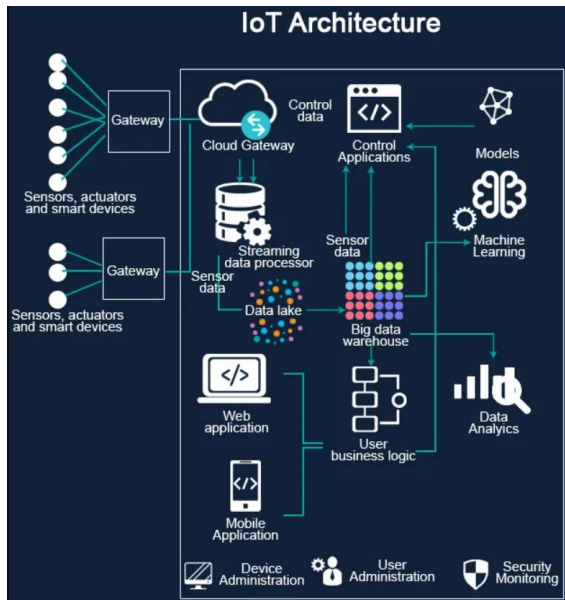


Рис. 1. Типова архітектура IoT системи

**2.2. Лабораторія MDEE.** Принцип роботи лабораторії полягає в тому, що студент, знаходячись, у будь-якій точці світу, у будь-який час має можливість виконати практичне завдання (лабораторну роботу), завантажити результати, провести симуляцію реального процесу та побудувати графіки. Це дозволяє студентам отримати більш глибокі знання та реальний практичний досвід.

Лабораторія знаходиться у відкритому доступі, але для того, щоб скористатися нею необхідно пройти простий етап реєстрації [23].

Лабораторія MDEE (рис. 2) складається з:

- обладнання для вивчення процесу, яке включає ШІМ Н-міст, керований двигуном постійного струму, що живиться від повнохвильового випрямляча з конденсаторною фільтрацією;

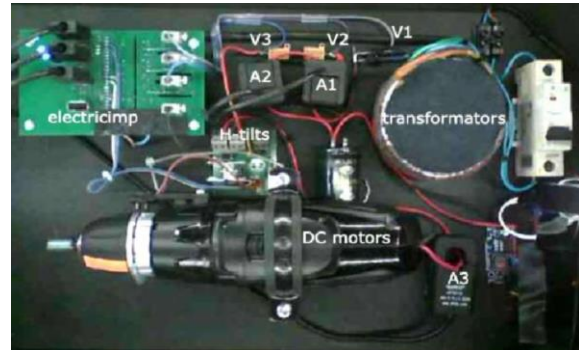
- IoT модуля: Twilio electricimp [24]; модуля imp003 [25] з 32-бітним мікроконтролером STM32F405 Cortex на борту;

- модуля керування (вимірювання): 3-фазного модуля вимірювання потужності власної розробки РТУ, датчика струму Холла із розщепленим сердечником;

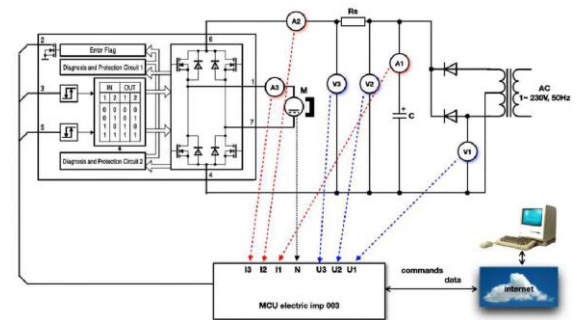
- безпечного веб-порталу HTTPS: веб-

серверу Apache і бази даних MySQL, веб-сторінки на основі скриптових мов HTML5, Javascript, PHP;

- веб-камери на базі веб-серверу.



а



б



в

Рис. 2. Обладнання для вивчення процесу: а – загальний вигляд; б – функціональна схема; в – власний модуль виміру (моніторингу) 3-фазної потужності з imp003 (плата розробки muRata)

**2.3. Алгоритм виконання лабораторної роботи у MDEE.** Для роботи із системою використовуються інтернет-браузери Google Chrome або Mozilla Firefox. Chrome дозволяє відобразити сторінки в англійській, українській чи у будь-якій мовній версії.

Робочий стіл складається з кількох сторінок: опису, завдань та результатів.

У вкладці Darbība (Дія) наведено відео запис з інструкцію (основні кроки), щодо порядку дій, отримання результатів та графіків.

Для виконання лабораторної роботи необхідно відкрити вкладення Uzdevumi (Завдання). У впливаючому меню Izvēlēties darbu (Оберіть роботу) нульовою є демонстраційна робота при виконанні якої можна обирати будь-які вимірювальні прилади (амперметри A1-A3 та вольтметри V1-V3). Натиснувши кнопки MĒRĪT (Виміряти) та Simulācija (Симуляція) у спливаючому вікні можна побачити процеси, що протікають в електричному колі, а натиснувши кнопки Atjaunināt (Оновлення) та Lejuplādēt (Завантажити) отримати графіки та результати вимірів.

Для безпосереднього виконання лабораторної роботи студенту необхідно виконати наступні кроки:

– у вкладці Uzdevumi (Завдання) обрати завдання у відповідності до номеру лабораторної роботи та прочитати короткий опис (рис. 3);

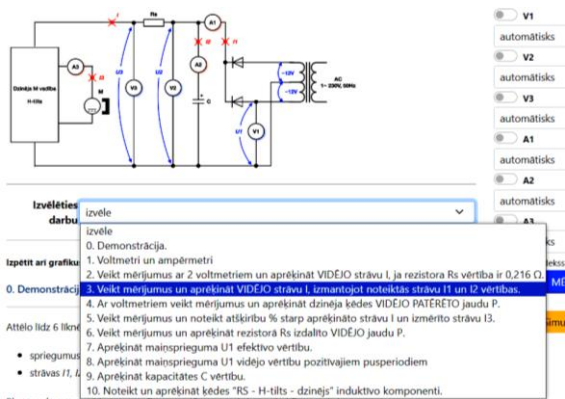


Рис. 3. Скріншот вкладки Uzdevumi (Завдання)

– обрати необхідні вимірювальні прилади V1...V3, A1...A3, відповідно до поточного завдання та діапазону вимірювань (наприклад, DC 10 В тощо). Якщо прилади та/або діапазон вимірювань вибрано неправильно, то результати будуть невірними або буде відображатися “0”;

– натиснути кнопку MĒRĪT (Виміряти), щоб ініціалізувати роботу двигуна постійного струму на віддаленому пристрої і спостерігати за обертанням ротора двигуна у вікні;

– натиснути кнопку Simulācija (Симуляція) для спостереження за процесами, що протікають в електричній схемі, Рисунок 4;

– натиснути кнопку Atjaunināt (Оновлення) для отримання графіків залежності струмів та напруг від часу;

– натиснути кнопку Lejuplādēt (Завантажити) для отримання результатів вимірювання;

– зайти в меню Rezultāti (Результати) та внести результати для подальшої перевірки, викладачем, рис. 5.

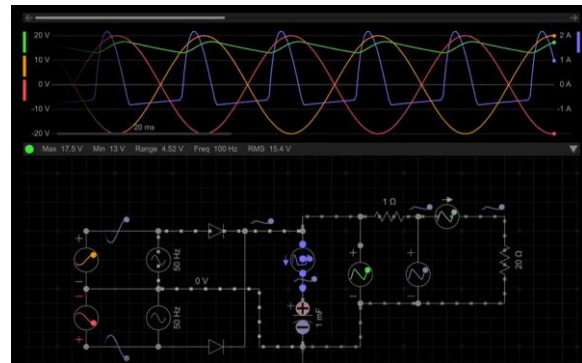


Рис. 4. Скріншот процесу симуляції



Рис. 5. Форма для внесення результатів розрахунку роботи перед відправленням на перевірку

Під час роботи студента з веб-сторінки надсилаються команди безпосередньо на систему керування установкою для запуску системи та проведення необхідних вимірювань. У відповідь, прилад видає виміряні значення і правильне значення, розраховане на вимірювальному пристрої, яке недоступне студентам. Це дозволяє легко порівняти розрахований студентом результат із фактичним. Якщо різниця становить менше 1,5%, то це вказує на високу точність проведених вимірювань.

### 3. Алгоритм впровадження лабораторії MDEE у навчальний процес ХНАДУ

Протягом багатьох років Ризький Технічний Університет (Латвія) та Харківський Національний Автомобільно-Дорожній Університет (Україна) ведуть плідну співпрацю як у наукових, так і в навчальних напрямках [26–28].

У рамках продовження цієї співпраці ХНАДУ зацікавлений у використанні лабораторії РТУ MDEE у своєму навчальному

процесі. Для цього необхідно виконати декілька кроків:

– укласти договір між університетами про можливість використання лабораторії MDEE в навчальному процесі ХНАДУ;

– з боку ХНАДУ – ввести в навчальні програми ХНАДУ та сілабуси дисциплін відповідні лабораторні роботи;

– з боку ХНАДУ – перекласти програми на українську та англійську мови (на даний момент звіти та інші завдання представлені латиською мовою);

– з боку РТУ – надати права викладача (адміністратора) у віртуальній лабораторії викладачам ХНАДУ;

– обговорити можливість проведення консультацій для викладачів ХНАДУ спеціалістами лабораторії MDEE;

– з боку ХНАДУ – розробити методичні вказівки українською та англійською мовами.

Треба відмітити, що існує проблема яку необхідно вирішити для успішного використання лабораторії. Вона полягає в тому, що якщо один студент, виконуючи лабораторну роботу, запускає обертання двигуна, інші студенти зможуть запустити двигун не раніше ніж через 40 с. Це пов'язано з наявністю лише однієї установки. Збільшення кількості стендів у лабораторії дозволить уникнути цієї проблеми.

## Висновки

Військова агресія російської федерації проти України стала викликом самому існуванню держави, її суверенітету та соборності, а також сильно вдарила по усім складовим.

З'явилася суттєва загроза життю та здоров'ю учасників освітнього процесу, відбулися масштабні руйнування освітньої інфраструктури, вимушене масштабне переміщення учасників освітнього процесу в межах України та за кордон та призвело до погіршення надання освітніх послуг та отримання знань здобувачами освіти. Особливо це стосується спеціальностей практичного напрямку.

Навчання студентів на технічних спеціальностях неможливе без проведення лабораторних та практичних робіт, що передбачає використання лабораторного обладнання. Під час пандемії було розроблено лабораторні та практичні роботи, як ті що були повністю побудовані на використанні пакетів прикладних програм, так і ті, що передбачали

присутність викладача в лабораторії, а студентів віддалено. Але, наразі, більшість лабораторій та серверів університетів постраждало або немає доступу до них.

Метою роботи був пошук шляхів вирішення проблеми навчання українських студентів технічних спеціальностей під час війни для забезпечення безпеки і підвищення якості надання освітніх послуг.

Проаналізовано існуючі способи проведення лабораторних та практичних робіт у режимі дистанційного навчання. Аналіз показав, що найбільш перспективним є дистанційне навчання українських студентів в іноземних університетах без переміщення за кордон.

Проведено пошук шляхів запозичення існуючого досвіду дистанційного виконання лабораторних робіт і можливостей їх використання в освітньому процесі українських ВНЗ в умовах війни. Визначено, що для їх проведення доцільно використовувати лабораторію цифрової віддаленої електротехнічної освіти MDEE, розроблену Ризьким технічним університетом. Досліджено побудову цієї лабораторії та алгоритм роботи з нею.

Розроблено покроковий алгоритм імплементації лабораторії цифрової віддаленої електротехнічної освіти у навчальний процес ХНАДУ.

Результати цієї роботи можуть використовуватись для покращення дистанційного навчального процесу у технічних ВНЗ України.

## Подяка

Висловлюємо щире подяку колегам Ризького технічного університету за сприяння, підтримку, та надану можливість використання лабораторії «My digital electrical engineering».

## Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що немає конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

## Література

1. Khaniukov, O. O., Smolianova, O. V., & Shchukina, O. S. (2022). Distance learning during the war in Ukraine: Experience of internal medicine department (organisation and challenges). *Art of Medicine*, 134–138.
2. *About the recommendation of distance learning.* (n.d.). Освіта.UA. Retrieved July 2, 2023, from [http://osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/88527/](http://osvita.ua/legislation/Ser_osv/88527/)



3. Department of Education. (n.d.). *In Kharkiv, 55% of the educational fund was damaged as a result of shelling*. <https://www.city.kharkiv.ua/>. Retrieved July 2, 2023, from <http://www.city.kharkiv.ua/uk/news/u-kharkovi-vnaslidok-obstriliv-poshkodzhenno-55-osvitnogo-fondu--53210.html>
4. Gnatov, A., Argun, S., & Ulyanets, O. (2017). *Joint innovative double degree master program «Energy-saving technologies in transport»*. 1203–1207. <https://doi.org/10.1109/UKRCON.2017.8100442>
5. Magetos, D., Sarlis, I., Kotsifakos, D., & Douligeris, C. (2021). Utilization of Remote Access and Distance Control Technology for the Management of Virtual Classrooms, During the Covid-19 Pandemic, in Vocational Education and Training (VET) Specialties' Laboratories. *European Conference on E-Learning*, 583–XIX.
6. *Design Group Offices and Labs | Mechanical Engineering*. (n.d.). Retrieved July 2, 2023, from <https://me.stanford.edu/groups/about-design-group/design-group-offices-and-labs>
7. Taylor, S. C. (2019, August 9). *Virtual Lab case study* [Text]. <https://www-smartinfrastruc-ture.eng.cam.ac.uk/files/virtuallabcasestudy>
8. Ramírez, J., Soto, D., López, S., Akroyd, J., Nurkowski, D., Botero, M. L., Bianco, N., Brownbridge, G., Kraft, M., & Molina, A. (2020). A virtual laboratory to support chemical reaction engineering courses using real-life problems and industrial software. *Education for Chemical Engineers*, 33, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.07.002>
9. Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). *The effectiveness if using virtual experiments on students' learning in the general physics lab*. <https://doi.org/10.28945/4668>
10. Kapilan, N., Vidhya, P., & Gao, X.-Z. (2021). Virtual Laboratory: A Boon to the Mechanical Engineering Education During Covid-19 Pandemic. *Higher Education for the Future*, 8(1), 31–46. <https://doi.org/10.1177/2347631120970757>
11. Sus, B., Zagorodnyuk, S., Bauzha, O., Maliarenko, V., & Zahorodniuk, T. (2021). Development of Practical Exercises in Educational Institutions Using Intelligent Expert Systems. *2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, 279–284.
12. Arhun, S., Hnatov, A., Hnatova, H., Patlins, A., & Kunicina, N. (2020). *Problems that have arisen in universities in connection with COVID-19 on the example of the Double Degree Master's Program "Electric Vehicles and Energy-Saving Technologies."* 1–6. <https://doi.org/10.1109/RTUCON51174.2020.9316601>
13. Holubiev, L., Tkach, M., & Makatora, D. (2023). Using tinkercad to support online the laboratory work on the design of microprocessor systems at technical university. *Information Technologies and Learning Tools*, 2023, Vol 93, № 1.
14. Borodenko, Y., Arhun, S., Hnatov, A., Hnatova, H., Kunicina, N., & Patlins, A. (2022, October 10). *Features of training an electrical engineer in the context of distance learning*. 2022 IEEE 63rd Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTUCON 2022 - Proceedings. Scopus. <https://doi.org/10.1109/RTUCON56726.2022.9978859>
15. Morrice, L. (2022). Will the war in Ukraine be a pivotal moment for refugee education in Europe? *International Journal of Lifelong Education*, 41(3), 251–256. <https://doi.org/10.1080/02601370.2022.2079260>
16. *Free tuition for displaced Ukrainian students*. (n.d.). Retrieved July 3, 2023, from <http://www.gov.scot/news/free-tuition-for-displaced-ukrainian-students/>
17. *Istituto fondo MUR per aiutare studenti e ricercatori ucraini*. (2022, February 27). Ministero dell'Università e della Ricerca. <https://www.mur.gov.it/it/news/domenica-27022022/istituto-fondo-mur-aiutare-studenti-e-ricercatori-ucraini>
18. Murray, R. (2022). UK University Initiatives Supporting Forced Migrants: Acts of Resistance or the Reproduction of Structural Inequalities? *Migration and Society*, 5(1), 99–114. <https://doi.org/10.3167/arms.2022.050109>
19. Yashnyk, M. (2023, March 16). *Press releases and reports—Level of proficiency in English and other foreign languages in Ukraine: Results of quantitative sociological research conducted in December 2022—January 2023*. <https://kiis.com.ua/?lang=ukr&cat=reports&id=1210&page=1>
20. Trunova, I., Arhun, S., Hnatov, A., Apse-Apsitis, P., Kunicina, N., & Myhal, V. (2023). Sustainable Approach Development for Education of Electrical Engineers in Long-Term Online Education Conditions. *Sustainability*, 15(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/su151813289>
21. Apse-Apsitis, P., Avotins, A., & Ribickis, L. (2012). Remote workshop for practical knowledge improvement in electrical engineering education: Computer control of electrical technology. *2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICL.2012.6402051>
22. *IoT arhitektura—Detaljno 4 glavne faze IoT arhitekture*. (n.d.). Education-WIKI.com. Retrieved November 13, 2023, from <https://hr.education-wiki.com/7028347-iot-architecture>
23. Apse-Apsitis, P. *Login*. My Digital Electrical Engineering. Retrieved July 3, 2023, from <https://remotelab.lv/dc/login.php>

24. *Ecosystem*. Electric Imp. Retrieved July 3, 2023, from <https://www.electricimp.com/ecosystem/>
25. *Imp003 Breakout | Dev Center*. (n.d.). Retrieved July 3, 2023, from <https://developer.electricimp.com/hardware/resources/reference-designs/imp003breakout>
26. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. C., Bogdan, D., & Dzyubenko, O. (2019). *Development of an energy generating platform for converting kinetic energy into electrical energy using the kinematic synthesis of a three-stage multiplier*. 2019-October, 403–408.
27. Hnatov, A., Patlins, A., Arhun, S., Kunicina, N., Hnatova, H., Ulianets, O., & Romanovs, A. (2020). *Development of an unified energy-efficient system for urban transport*. 248–253. <https://doi.org/10.1109/ENERGYCon48941.2020.9236606>
28. Patlins, A., Hnatov, A., & Arhun, S. (2018). *Using of green energy from sustainable pavement plates for lighting bikeways*. 2018-October-3–5, 574–579. <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/27845>

**Аргун Щасяна Валіковна**<sup>1</sup>, д.т.н., проф. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 0993780451, [shasyana@gmail.com](mailto:shasyana@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6098-8661>

**Трунова Ірина Сергіївна**<sup>1</sup>, к.т.н., доц. каф. автомобільної електроніки, тел. +38 0677240653, [trunova.irinaserg@gmail.com](mailto:trunova.irinaserg@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0986-4115>

**Гнатів Андрій Вікторович**<sup>1</sup>, д.т.н., проф., завідувач каф. автомобільної електроніки, тел. +38 0667430887, [kalifus76@gmail.com](mailto:kalifus76@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0932-8849>

**Гнатова Ганна Андріївна**<sup>1</sup>, студентка автомобільного факультету ХНАДУ, тел. +38 0990679809, [hannahnatova@gmail.com](mailto:hannahnatova@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-3024>

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### **Innovative approaches to the education of students of technical specialties in the conditions of war in Ukraine**

**Abstract. Problem.** *The military aggression of the Russian Federation against Ukraine became a challenge to the very existence of the state, its sovereignty and collegiality, and also severely affected all components of education. There was a significant threat to the life and health of the participants of the educational process, large-scale destruction of the educational infrastructure took place, which caused the forced large-scale movement of participants in the educational process within Ukraine and abroad, and led to the deterioration of the provision of educational services and the*

*acquisition of knowledge by those seeking education. This especially applies to specialties of the practical direction. Goal.* *The aim of this work is to find ways to address the issue of educating Ukrainian students in technical specialties during times of war, to ensure safety, and improve the quality of educational services. Methodology.* *The study involves analytical research on laboratory and practical work in the context of distance learning. It includes detailed analysis the existing experience of remote performance of laboratory work and the possibilities of their use in the educational process of Ukrainian universities under the conditions of war was conducted. Results.* *The search for ways to borrow existing experience in the remote execution of laboratory work and the possibilities of their use in the educational process of Ukrainian universities in wartime conditions showed that it is advisable to implement them using the laboratory of digital remote electrical engineering education “My Digital Electrical Engineering”, developed by Riga Technical University. The structure of this laboratory and the algorithm for working with it have been studied. Originality.* *A step-by-step algorithm for introducing the laboratory of digital distance electrical engineering education into the educational process of KhNADU is proposed. Practical value.* *The results of this study can be used to enhance the process of distance learning in technical universities of Ukraine during times of war, ensuring safety and improving the quality of educational services.*

**Key words:** *distance education; electrical engineering; power engineering; war in Ukraine; online teaching; digital Tools; Virtual labs; quality of education, IoT.*

**Arhun Shchasyana**<sup>2</sup>, professor, Doct. of Science, Vehicle Electronics Department, tel. +38 0993780451, [shasyana@gmail.com](mailto:shasyana@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6098-8661>

**Trunova Iryna**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Vehicle Electronics Department, tel. +38 0677240653, [trunova.irinaserg@gmail.com](mailto:trunova.irinaserg@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0986-4115>.

**Hnatov Andrii**<sup>2</sup>, professor, Doct. of Science, Head of Vehicle Electronics Department, tel. +38 0667430887, [kalifus76@gmail.com](mailto:kalifus76@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0932-8849>

**Hnatova Hanna**<sup>1</sup>, student of the Automobile Faculty, tel.+38 0990679809, [hannahnatova@gmail.com](mailto:hannahnatova@gmail.com),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-3024>

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.