

ШИФР: «Використання адаптивних технологій в освітньому процесі закладів професійної освіти»

Всеукраїнський конкурс наукових робіт зі спеціальності  
«Професійна освіта »

КОНКУРСНА НАУКОВО-ДОСЛІДНА РОБОТА

на тему: «ОРГАНІЗАЦІЯ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ (BLENDED LEARNING)  
ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ВІДДАЛЕНИХ НАВЧАЛЬНИХ СТЕНДІВ»

## Анотація

До конкурсної роботи під шифром «Використання адаптивних технологій в освітньому процесі закладів професійної освіти»

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку інноваційних форм практичної підготовки студентів професійної освіти в умовах дистанційних обмежень. Традиційне використання лише віртуальних симуляторів (як-от Tinkercad) призводить до «ідеалізації» знань, оскільки вони не враховують реальні фізичні похибки та шуми датчиків. Особливої уваги потребує впровадження технології віддалених апаратних стендів (Remote Labs), що дозволяє поєднати гнучкість онлайн-навчання з автентичністю реальної лабораторної роботи.

**Мета роботи:** обґрунтувати, спроектувати та практично апробувати методику навчання робототехніці на основі моделі змішаного навчання, що інтегрує дистанційне керування реальним обладнанням.

### **Завдання роботи:**

1. **Проаналізувати** специфіку змішаного навчання в закладах професійної освіти та обґрунтувати доцільність використання віддалених навчальних стендів для технічних дисциплін.

2. **Реалізувати** технічну архітектуру віддаленого навчального стенда на базі сучасних мікроконтролерів (Arduino/ESP32) та розробити його концептуальну модель для дистанційного доступу.

3. **Розробити** методику проведення лабораторних робіт у форматі змішаного навчання з використанням створеного віддаленого стенда для підготовки майбутніх фахівців.

У роботі **проаналізовано** переваги Remote Labs над віртуальними симуляторами та запропоновано технічне рішення для забезпечення стабільного доступу до системи через інтерфейс AnyDesk.

**Структура роботи.** Робота складається із вступу, двох основних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи – 26 сторінок. Робота містить 6 рисунків.

**Ключові слова:** робототехніка, Remote Labs, віддалений стенд, змішане навчання, Arduino, ESP32, професійна освіта, навчальний процес, методика навчання.

## Зміст

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ В РОБОТОТЕХНІЦІ.....	7
1.1.....Специфіка реалізації змішаного навчання (Blending Learning) у закладах професійної освіти. ....	7
1.2...Концептуальна модель системи віддалено навчання на основі Remote Labs.   8	8
1.3..... Порівняльний аналіз віртуальних симуляторів та віддалених апаратних стендів. ....	11
Висновки до першого розділу: .....	14
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІДДАЛЕНИХ СТЕНДІВ.....	15
2.1..... Проектування та технічне забезпечення віддаленого навчального стенда. 15	15
2.2..... Розробка методичних вказівок до виконання лабораторної роботи в умовах віддаленого доступу. ....	18
2.3..... Оцінка ефективності застосування віртуальних симуляторів у змішаному навчанні. ....	20
Висновки до другого розділу:.....	22
ВИСНОВКИ.....	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	25

## ВСТУП

Сучасний світ технології та інженерної освіти вимагає швидкої адаптації до змін у форматі підготовки фахівців. Як наслідок, змінюються й інструменти, які використовуються у навчальному процесі для формування професійних компетентностей. Особливо гостро це питання постає у галузі робототехніки, де робота з реальними обладнанням є критично важливою, але часто обмеженою через дистанційний формат навчання.

Безпосередня взаємодія з мікроконтролерними системами в лабораторії часто змінюється віртуальними симуляторами. Проте такий підхід має суттєві недоліки: симулятори працюють в «ідеальних» умовах, що ускладнює подальшу адаптацію студентів до реальних виробничих завдань. Вирішення цієї проблеми є використання фреймворків віддаленого доступу та апаратних стендів, які дозволяють програмувати та налагоджувати системи без фізичної присутності в аудиторії.

Вивчення сучасних інструментів, таких як Arduino та ESP32, студентами є пріоритетним завданням, проте наявна методика часто спрямована лише на теоретичне вивчення або поверхнєве знайомство з платформами. Тому розробка та впровадження нової методики, що базується на Remote Labs, є актуальним науково-практичним завданням.

**Об'єктом дослідження** є процес практичної підготовки майбутніх фахівців професійної освіти в умовах цифрової трансформації навчання.

**Предметом дослідження** є методичні та технологічні особливості використання віддалених навчальних стендів як інструменту реалізації змішаного навчання з робототехніки.

**Мета дослідження:** теоретично дослідити потенціал дистанційно-керованого обладнання та розробити методичні рекомендації щодо впровадження моделі змішаного навчання для здобувачів професійної освіти в умовах цифровізації освітнього середовища.

**Для досягнення поставленої мети дослідження потрібно виконати наступні завдання:**

1. **Проаналізувати** специфіку змішаного навчання в закладах професійної освіти та обґрунтувати доцільність використання віддалених навчальних стендів для технічних дисциплін.

2. **Реалізувати** технічну архітектуру віддаленого навчального стенда на базі сучасних мікроконтролерів (Arduino/ESP32) та розробити його концептуальну модель для дистанційного доступу.

3. **Розробити** методику проведення лабораторних робіт у форматі змішаного навчання з використанням створеного віддаленого стенда для підготовки майбутніх фахівців.

**Наукова новизна** полягає в оновленні методики навчання робототехніці шляхом впровадження концептуальної моделі Remote Labs, що забезпечує стабільний доступ до реального стенда.

**Теоретичні основи дослідження** становлять наукові положення праць з проблем цифровізації професійної освіти та використання адаптивних технологій (В. Ю. Биков [10], О. В. Спірін [15]), теорії та методики змішаного і дистанційного навчання (Н. В. Морзе [14], Ю. В. Триус [16]), проектування та впровадження віддалених лабораторій і віртуальних навчальних середовищ (А. М. Гуржій [12]), а також підготовки фахівців професійної освіти до діяльності в умовах високотехнологічного освітнього простору (Я. П. Василенко [11], Н. О. Брюханова, Д. В. Коваленко та ін. [3]).

**Теоретичне значення дослідження:** обґрунтовано ефективність методики організації змішаного навчання із застосуванням віддалених навчальних стендів для формування професійних та практичних компетентностей у здобувачів професійної освіти в умовах цифровізації освітнього процесу.

**Практичне значення дослідження** полягає в розробці методики організації змішаного навчання із використанням віддалених навчальних стендів для здобувачів професійної освіти, що забезпечує формування стійких навичок роботи з реальним обладнанням у дистанційному форматі. Спроектовано та технічно реалізовано апаратно-програмний комплекс віддаленого доступу на базі мікроконтролерів Arduino/ESP32, який впроваджено в освітній процес для

проведення лабораторних робіт з робототехніки, електроніки та програмування інтелектуальних систем.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати наукового пошуку було представлено на Міжнародній науково-практичній конференції International Scientific and Practical Conference «Global Challenges and Modern Scientific Research: An Interdisciplinary Dimension», що відбулася 14 березня 2026 року в місті Бостон, США. Матеріали дослідження викладено у доповіді на тему Remote Labs як інструмент забезпечення безперервності освітнього процесу в умовах кризових ситуацій. За результатами якої опубліковано відповідні тези у збірнику наукових праць видавництва Golden Quill Publishing.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ В РОБОТОТЕХНІЦІ**

### **1.1. Специфіка реалізації змішаного навчання (Blending Learning) у закладах професійної освіти.**

Трансформація сучасної професійної освіти вимагає впровадження гнучких моделей навчання, які дозволяють поднювати традиційні аудиторні заняття з цифровими технологіями [10, с. 2]. Концепція змішаного навчання (Blended Learning) визначається як цілісна освітня система, що інтегрує переваги очного навчання з можливостями дистанційній платформ, забезпечуючи студенту певний рівень контролю над часом, місцем та темпом засвоєння матеріалу.

Для закладів професійної освіти реалізація змішаного навчання має свою специфіку, оскільки підготовка майбутніх технічних фахівців орієнтована на розвиток прикладних навичок. У контексті вивчення робототехніки та інтелектуальних систем ми пропонуємо розділити форми взаємодії на два **ключові фактори** :

1. **Онлайн-теорія.** Змішане навчання – теоретичний блок переноситься у віртуальний освітній простір (наприклад у віртуальну систему, таку як Moodle або Google Classroom). Це дозволяє використовувати модель «перевернутого класу», яка передбачає, що студенти слухають лекції, відеоуроки та технічну документацію на лекціях і використовують їх самостійно для вивчення перед практичними заняттями [17, с. 491].

#### **Основні переваги цього методу:**

- Можливість повторного вивчення складних тем ( наприклад, PID-контролери або логіка C++).
- Використання інтерактивного тестування для негайної самооцінки розуміння.
- Наявність часу на заняттях або синхронних заняттях для використання завдань або обговорень.

2. **Дистанційна практика.** Найскладніший етап у змішаному навчанні технічних дисциплін – це переведення лабораторної практики у дистанційний формат.

Сьогодні у професійній освіті домінують дві **форми дистанційної практики:**

1. **Віртуальна симуляція:** Використання середовищ, таких як Tinkercad Circuits. Це важливий проміжний етап, який дозволяє безпечно перевіряти логіку схеми без ризику пошкодження обладнання. Однак симулятори обмежені ідеальними математичними моделями.

2. **Дистанційна практика (Remote Labs):** Це найвища форма практичного навчання у змішаному навчанні. Студент підключається до реального апаратного стенду, розташованого в лабораторії. На відмінно від онлайн-теорії, така практика є синхронною і вимагає від студента реагувати на фізичні процеси в режимі реального часу. Специфіка змішаного навчання у професійній освіті полягає в тому, що ці форми не є взаємовиключними. Ефективна модель передбачає циклічність: студент вивчає теорію онлайн, відпрацьовує базові алгоритми на симуляторі, і лише після цього отримує доступ до дистанційного апаратного стенду для виконання фінального завдання. Ця структура взаємодії дозволяє професійним навчальним закладам готувати фахівців навіть за умов обмеженого доступу до навчальних майстерень, зберігаючи високий рівень практичного досвіду та практичної роботи з реальним обладнанням, що є критично важливим для майбутнього техника або інженера.

## **1.2. Концептуальна модель системи віддалено навчання на основі Remote Labs.**

Для ефективної реалізації змішаного навчання у галузі робототехніки необхідно вийти за межі простих віртуальних симуляцій та створити стійку екосистему взаємодії між користувачем і фізичним об'єктом. На основі аналізу досвіду впровадження систем віддаленого доступу, нами пропонується **чотирьохрівнева концептуальна модель** ядра платформи віддаленого

навчання (Рис. 1.1.) Така структура забезпечує цілісність системи : від фізичного розміщення стенда до інтерфейсу студента [13, с. 37].



Рис. 1.1. Модель системи віддаленого навчання програмуванню роботів [13, с. 37].

**Інфраструктурний шар** є першим шаром системи і визначає, де ваше обладнання буде розміщено у вашому середовищі [13, с. 36].

- Підтримка серверів. Центральний комп'ютер або локальний сервер, який керує потоками даних між апаратним забезпеченням та інтернетом.
- Архітектура мережі. Стабільний канал зв'язку, хто має доступ до якого, як зробити його безпечним (VPN тунелі або безпечні протоколи HTTP/MQTT)
- Фізичний простір. Одна лабораторна кімнати, в якій стенди розташовані без перешкод для перегляду камер (і в якій забезпечено правильне живлення).

**Апаратний шар.** Тут ми маємо фізичне втілення лабораторної роботи, з якої тепер взаємодіє код студента [13, с. 36]. Він включає:

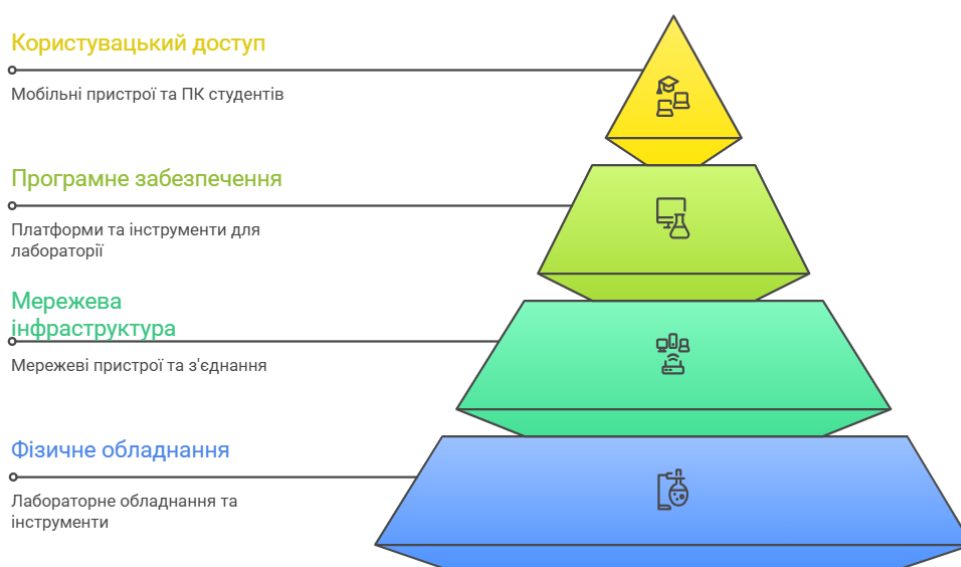
- Мікроконтролери та актуатори: плати Arduino або ESP32 або промислові контролери, які з'єднані з сервомоторами, датчиками (ультразвуковими, температури, вологості) та індикаторами.
- Система відеозапису: як показують дослідження, трансляція повинна бути з різних кутів (наприклад, загальний план і макрозйомка датчиків), що дозволяють студенту розпізнавати фізичні помилки (наприклад, пробуксовка коліс або перешкоди), які журнали програмного коду можуть не вказати.

**Програмний шар.** Це шар, що обслуговує інтелект системи та логіку взаємодії [13, с. 36]. Його компоненти:

- Середовище розробки (IDE): програми, встановлені на контрольному ПК (Arduino IDE, VS Code), до яких студент має доступ через інструменти віддаленого робочого столу (AnyDesk або інтегровані веб-термінали).
- Системи компіляції та прошивки: програмні скрипти, які дозволяють завантажувати написаний код на мікроконтролер «на льоту».
- Відеострімінг: програмне забезпечення для трансляції відеопотоків з мінімальною затримкою, необхідною для управління роботом у реальному часі.

**Користувацький шар** це кінцевий рівень користувача [13, с. 36]. Студенти в системі контактують з ним через:

- Веб-інтерфейс або клієнтське програмне забезпечення. Це місце, де можна виконати ідентифікацію, вибрати вільний стенд і запустити середовище.
- Методична підтримка: Інструкції, алгоритми виконання, вікна зворотного зв'язку з викладачем, вбудовані в систему.
- Кросплатформенність: можливість підключення до навчального стенду не тільки з стаціонарного ПК, але й з мобільного пристрою, що значно відкриває можливості самостійної роботи студента.



*Рис. 1.2 Зображення ієрархії шарів Remote Labs.*

Отже, модель віддалених лабораторій пропонує варіант, що зменшує великий недолік дистанційної освіти: відрив від фізичного світу. Кожен рівень моделі спрямований на створення ефекту присутності студента в лабораторії, оскільки вони не лише пишуть код, але й бачать фактичний вплив на апаратні компоненти, у повній відповідності з особливостями реальної машини.

### **1.3. Порівняльний аналіз віртуальних симуляторів та віддалених апаратних стендів.**

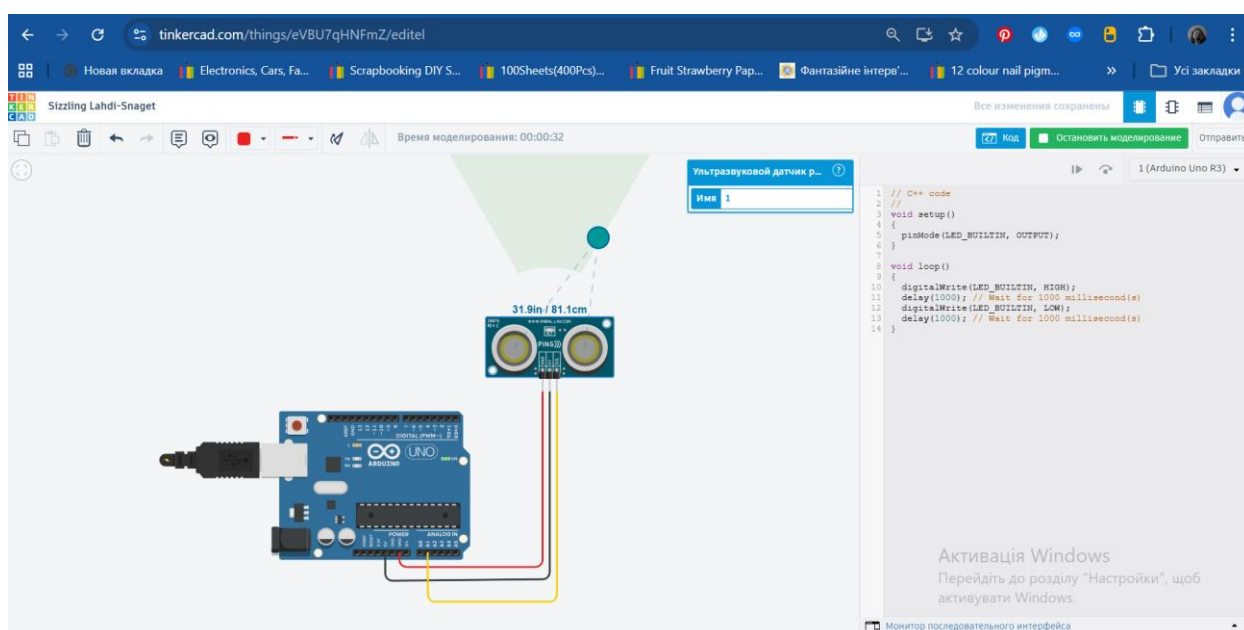
Можливість навчати технічних спеціалістів у центрах професійної підготовки загалом є результатом того, що навчальне середовище, в якому студент проходить практику, є найбільш автентичним. На початкових етапах найбільш поширеним способом тестування мікропроцесорних технологій є віртуальні симулятори, зокрема, платформа Tinkercad Circuits. Однак, щоб отримати глибокі професійні компетенції з цього предмету, підхід лише з віртуальним середовищем має свої недодіки, які вирішують за допомогою віддалених апаратних стендів. Ми порівнюємо їх за такими критеріями:

1) **Фізична точність** та, так звана, «ідеалізація» процесів. Віртуальні симулятори налаштовані на математичних моделях з ідеальними умовами

роботи. У Tinkercad датчик відстані завжди зчитує точне значення в певному місці, але мотор залишиться працювати на фіксованій швидкості. Однак віддалені апаратні стенди надають студентам можливість відчувати реальні фізичні властивості, а саме:

- Шум і помилки. Реальні ультразвукові датчики можуть давати хибні сигнали, викликані відлунням від поверхонь.
- Падіння напруги. Студенти спостерігають, як розряджена батарея впливає на роботу системи.
- Інерція та тертя. Насправді зупинка мотора не є миттєвою, що також є важливим для створення точних програм з роботизованими системами.

2) **Безпека та вартість помилки.** Tinkercad чудовий для перших кроків, оскільки при помилці чи навіть згоранні компонентів студент нічого не втратить. Але Remote Labs дає студентам відчуття володіння обладнанням, яке коштує чималих коштів. Хоча стенд захищений як програмно, так і апаратно (тобто запобіжниками), знання, що код керує реальним обладнанням, надає уважність і серйозність під час роботи.



*Рис 1.3. Інтерфейс віртуального симулятора Tinkercad Circuits: моделювання роботи ультразвукового датчика відстані.*

3) **Студент обмежений інтерфейсами** браузера та спрощеними блоками коду при використанні симулятора (Рис 1.3.). Робота на віддаленому стенді вимагає використання програмних інструментів:

- Реальні середовища розробки (Arduino IDE, VS Code, PlatformIO).
- Використання терміналів для моніторингу портів у реальному часі.
- Налаштування мережевих протоколів для передачі команд.

У таблиці 1.1. наведено порівняльний аналіз двох підходів до навчання та розробки в електроніці: віртуального симулятора (на прикладі Tinkercad) та віддаленого апаратного стенда (Remote Labs).

*Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика віртуальних симуляторів та віддалених апаратних стендів у навчанні*

Критерій порівняння	Віртуальний симулятор ( Tinkercad)	Віддалений апаратний стенд (Remote Labs)
Об'єкт взаємодії	Математична модель	Реальне фізичне обладнання
Візуалізація	2D/3D анімація	Відеопотік у реальному часу
Складність	Початковий рівень	Професійний рівень
Фізичні фактори	Відсутні	Враховуються
Підготовка до виробництва	Низька	Висока

Отже, для закладів професійної освіти Tinkercad залишається важливим інструментом для ознайомлення з логікою на першому етапі, однак для підготовки конкурентноспроможного фахівці, здатного працювати в умовах

реального виробництва, впровадження Remote Labs є необхідним еволюційним кроком. Це дозволяє студентам отримувати досвід, максимально наближений до очного навчання в лабораторії, але з перевагами дистанційного доступу.

**Висновки до першого розділу:** У роботі доведено, що змішане навчання з використанням віддалених лабораторій (Remote Labs) є значно ефективнішим за віртуальні симулятори, оскільки дозволяє студентам працювати з реальним обладнанням, враховуючи фізичні похибки та затримки. Ми розробили чотирирівневу концептуальну модель та технічну архітектуру стенда на базі Arduino/ESP32, що забезпечує стабільний доступ до «заліза» 24/7 через інтерфейс AnyDesk.

## РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІДДАЛЕНИХ СТЕНДІВ

### 2.1. Проєктування та технічне забезпечення віддаленого навчального стенда.

Проєктування віддаленого стенда спрямоване на створення стабільної екосистеми, яка дозволяє студенту виконувати повноцінне програмування та налагодження мікроконтролерних систем без фізичної присутності в лабораторії. Технічне забезпечення системи поділяється на **три ключові модулі**.

1) **Апаратний модуль.** Платформа Arduino Uno (або ESP32 для завдання IoT) використовується як апаратна платформа для забезпечення варіативності завдань. Основна установка складається з:

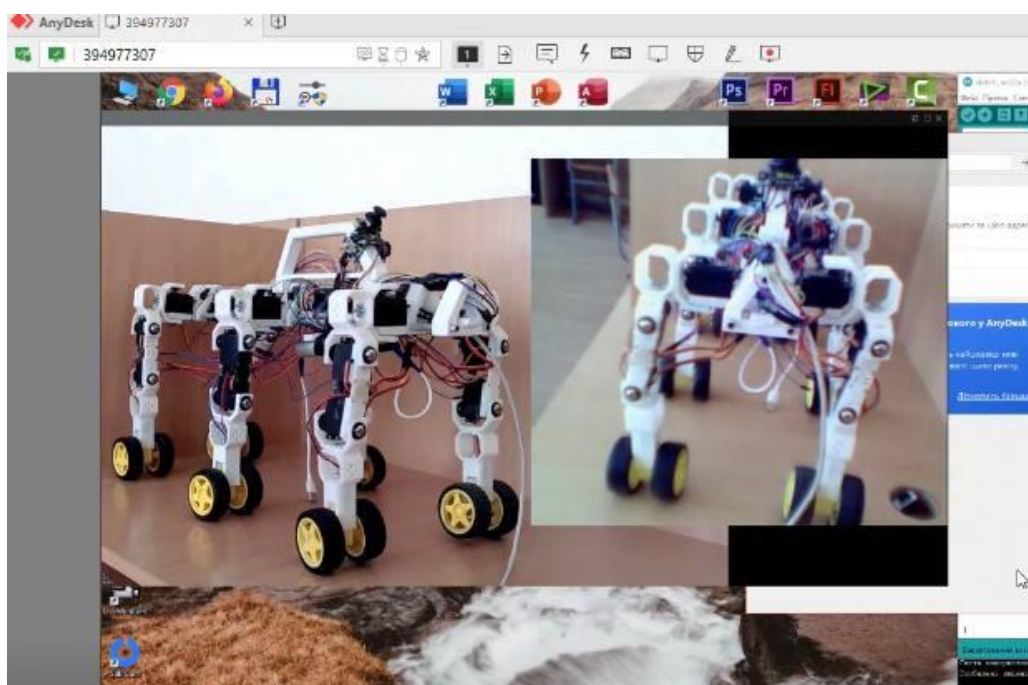
- Акутатори (Серводвигуни, крокові двигуни та релейні блоки для керування навантаженням).
- Мережі датчиків (Ультразвукові датчики відстані, датчики світла, та датчики температури/вологості)
- Індикація ( LCD дисплей та LED матриця для візуалізації логіки програми [9, с. 118]).

2) **Візуальний та мультимедійний модуль (камери).** Система візуалізації побудована на використанні двох вебкамер загального призначення. Для одночасного відображення потоків з обох камер у систему інтегровано застосунок **ManyCam** (Рис. 2.1.). Використання цього ПЗ дозволяє реалізувати наступні функції:

- **Режим Split Screen та PiP (Picture-in-Picture):** поєднання відео з двох ракурсів в одному вікні, що критично важливо для синхронного спостереження за рухом механізмів та показниками приладів.
- **Створення віртуальної камери:** ManyCam виступає в ролі відеомікшера, який об'єднує джерела та транслює готове зображення через інтерфейс віддаленого доступу.

- **Накладання шарів:** можливість додавання текстових маркерів безпосередньо на відеопотік для ідентифікації елементів стенда (наприклад, підписи «Камера 1: Загальний план» та «Камера 2: LCD-дисплей»).

Оскільки роздільна здатність камер та стиснення відеопотоку через AnyDesk не дозволяють чітко зчитувати символи з LCD, основна роль відеозв'язку полягає у верифікації рухів роботизованої платформи. Це спонукає студента до глибшого аналізу даних, що надходять через монітор послідовного порту середовища Arduino IDE, де телеметрія відображається у текстовому вигляді.



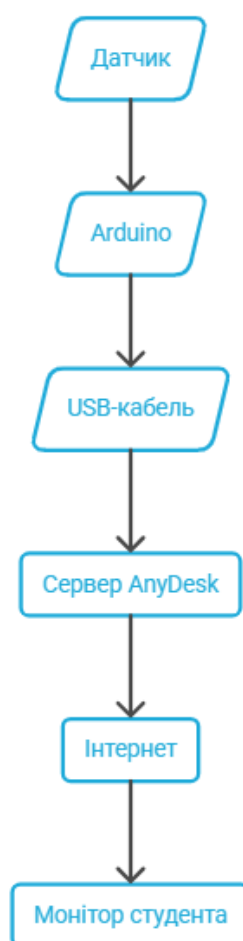
*Рис. 2.1. Розміщення камер у віддаленому стенді*

Потік передається з мінімальною затримкою ( до 200 мс.) для адекватного зворотного зв'язку.

3) **Інтерфейс управління студентом.** Взаємодія студента з обладнанням реалізується через багаторівневий програмний інтерфейс (Рис. 2.2.):

- Середовище розробки. Доступ до Arduino IDE, встановленого на робочому ПК. Це дозволяє використовувати стандартні бібліотеки та компілятори.

- Протокол віддаленого доступу. Використання програмного забезпечення AnyDesk, яке надає студенту повний контроль над робочим столом робочого комп'ютера. Це усуває потребу в установці спеціалізованого програмного забезпечення на особистий пристрій студента.
- Монітор серійного порту. Вбудований інструмент IDE, який дозволяє студенту отримувати текстові дані від мікроконтролера в режимі реального часу.



*Рис. 2.2. Схема потоку даних телеметрії від апаратного стенда до інтерфейсу здобувача освіти.*

Запропонована технічна архітектура може повністю відтворити робоче місце інженера-розробника. Це означає, що студент не просто імітує діяльність, а працює в професійному середовищі, де реальна фізична дія фіксується камерами.

## 2.2. Розробка методичних вказівок до виконання лабораторної роботи в умовах віддаленого доступу.

Нижче представлено проєкт інструкції до лабораторної роботи, яка враховує специфіку використання Remote Labs. На відмінну від роботи в Tinkercad, тут акцент зміщено на етап віддаленого підключення та верифікації результату через відеопотік.

### Лабораторна робота №1

**Тема:** Програмування інтелектуальної системи моніторингу відстані на базі віддаленого стенда.

**Мета:** Навчитися взаємодіяти з ультразвуковими датчиками в умовах віддаленого доступу, опанувати навички налагодження коду через монітор порту та відеоверифікацію.

#### Алгоритм дії:

1. Використовуючи отримані індифікатори, підключатися до лабораторного ПК через AnyDesk.

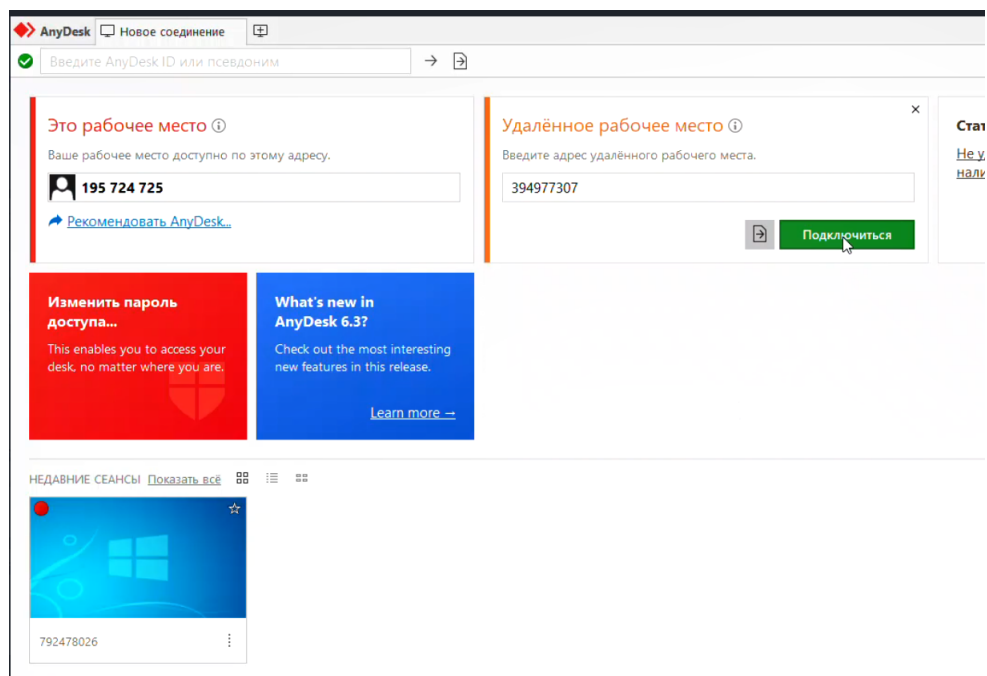


Рис. 2.3. Середовище AnyDesk.

2. Запустити Arduino IDE та перевірити наявність зв'язку з платою (інструменти -> порт).

3. Написати програмний код для зчитування даних з датчика та виведення результату в Serial Monitor.

4. Завантаження код.

5. Використовуючи інтерфейс керування стендом ( якщо передбачено), ініціювати рух перешкоди перед датчиком та зафіксувати зміну показників у Serial Monitor.

Фрагмент коду:

C++

```
const int trigPin = 9;
```

```
const int echoPin = 10;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600); // Для віддаленого моніторингу
```

```
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
```

```
  pinMode(echoPin, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  digitalWrite(trigPin, LOW);
```

```
  delayMicroseconds(2);
```

```
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
```

```
  delayMicroseconds(10);
```

```
  digitalWrite(trigPin, LOW);
```

```
  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
```

```
  int distance = duration * 0.034 / 2;
```

```
  Serial.print("Distance: ");
```

```
  Serial.println(distance); // Дані, які бачить студент у терміналі
```

```
  delay(500);
```

```
}
```

**Контрольні питання:**

1. Чим відрізняється поведінка реального датчика HC-SR04 від його моделі в Tinkercad?

2. Яку роль відіграє «Шар зв'язку» у передачі даних з монітора порту на ваш пристрій?
3. Чому при віддаленому програмуванні важливо використовувати візуальне підтвердження через камеру?

**Форма звіту:**

1. Скріншот вікна AnyDesk з написанням коду.
2. Фото (скріншот) з вебкамери, де зафіксовано роботу реального обладнання.
3. Висновок про точність вимірювань

**2.3. Оцінка ефективності застосування віртуальних симуляторів у змішаному навчанні.**

Впровадження розробленої методики змішаного навчання з використанням віддалених апаратних стендів дозволило провести якісний аналіз змін у підготовці студентів технічних коледжів. Оцінка ефективності базується на зіставленні традиційних методів вивчення робототехніки та пропонованого інноваційного підходу, що інтегрує реальне фізичне обладнання в онлайн-простір.

**1. Технологічна ефективність використання систем Remote Labs.** Аналіз практичного застосування віддалених стендів при створенні інтелектуальних систем (автоматичного контролю світла, температури, роботи з реальними датчиками та виконавчими механізмами) виявив такі переваги:

- **Робота з фізичними об'єктами у реальному часі:** На відміну від ідеалізованих симуляцій, віддалені стенди дозволяють студентам взаємодіяти з реальним залізом. Це дає змогу бачити справжній відеопотік роботи пристрою та розуміти вплив зовнішніх чинників (шуми датчиків, інерція механізмів) на логіку програми.
- **Автентичність інженерного досвіду:** Робота з віддаленим стендом вимагає від студента більшої відповідальності за написаний код, оскільки він

керує справжнім мікроконтролером (Arduino/ESP32). Це максимально наближає навчальний процес до реальних умов експлуатації промислових систем автоматизації та IoT.

**2. Формування фахових компетентностей.** Завдяки реалізації завдань на базі віддалених стендів, досягнуто наступних показників педагогічної ефективності:

- **Когнітивний рівень:** Студенти демонструють глибше розуміння архітектури апаратних комплексів та специфіки взаємодії між програмним кодом і фізичними компонентами в умовах реального часу.
- **Діяльнісний рівень:** Формуються навички дистанційного налагодження (debugging) технічних систем, що є критично важливою компетенцією для сучасного інженера в епоху Industry 4.0 та віддаленого сервісного обслуговування.

**3. Педагогічні переваги змішаного навчання з Remote Labs.** Запропонована методика дозволяє розв'язати проблему обмеженого доступу до дефіцитного або дорогого обладнання коледжів. Аналіз підтверджує, що:

- **Раціональне використання ресурсів:** Віддалений доступ дозволяє використовувати один лабораторний стенд для багатьох груп студентів за гнучким графіком 24/7, що робить навчальний процес неперервним та інтенсивним.
- **Гібридний підхід до проектування:** Поєднання попереднього моделювання у Tinkercad із фінальним тестуванням на віддаленому стенді дозволяє пройти повний цикл розробки — від віртуальної ідеї до перевірки на фізичному обладнанні без потреби фізичної присутності в аудиторії.

Отже, впровадження методики навчання на основі віддалених апаратних стендів (Remote Labs) забезпечує принципово новий рівень засвоєння матеріалу. Це не лише сприяє розвитку навичок самостійної інженерної діяльності, а й готує майбутніх фахівців до роботи з реальними промисловими об'єктами через сучасні цифрові інтерфейси.

**Висновки до другого розділу:** У роботі спроектовано та практично реалізовано систему віддаленого навчання, яка через поєднання апаратної бази Arduino/ESP32 та відеомікшера ManyCam створює ефект повного занурення в інженерне середовище. Ми розробили методику проведення лабораторних робіт, де акцент зміщено з віртуального моделювання на дистанційне налагодження реальних систем, що дозволяє враховувати специфіку фізичних процесів. Доведено, що впровадження Remote Labs забезпечує цілодобовий доступ до дефіцитного обладнання та формує у студентів готовність до роботи з реальними промисловими об'єктами в умовах цифровізації освіти.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було обґрунтовано та практично реалізовано комплексну систему змішаного навчання, адаптовану до потреб сучасної професійної освіти. Теоретичний аналіз моделі Blended Learning підтвердив, що для технічних спеціальностей, зокрема у сфері робототехніки, найбільш ефективною є структура, яка поєднує дистанційний теоретичний базис через LMS із віддаленою практичною підготовкою. Такий підхід не лише забезпечує безперервність навчання, а й дозволяє будувати індивідуальні освітні траєкторії в умовах цифрової трансформації виробництва.

Особливу увагу в роботі приділено порівняльному аналізу інструментарію навчання. Доведено, що попри зручність віртуальних симуляторів, вони створюють «ідеалізовані» умови, які не враховують реальних фізичних шумів та інерції систем. Наукова новизна дослідження полягає в аргументації необхідності переходу до технології Remote Labs. Це дозволяє студентам працювати з реальним обладнанням, формуючи професійні компетентності в умовах, максимально наближених до виробничих, включаючи роботу з нестабільними каналами зв'язку.

На основі розробленої чотирирівневої концептуальної моделі – від інфраструктурного до користувацького шарів було створено архітектуру віддаленого робочого місця. Практична реалізація стенда на базі мікроконтролерів Arduino та ESP32 з інтеграцією AnyDesk показала високу економічну доцільність та масштабованість рішень. Це дозволяє закладам освіти модернізувати базу з мінімальними витратами, надаючи студентам доступ до ресурсів у режимі 24/7.

Апробація розробленого методичного інструментарію продемонструвала якісне зростання рівня підготовки: мотивація здобувачів освіти підвищилася, а навички програмування та діагностики стали глибшими завдяки аналізу впливу коду на фізичні об'єкти. Отримані результати закладають фундамент для подальшої інтеграції штучного інтелекту в процеси автоматизованої перевірки робіт та розширення стендів для вивчення технологій IoT. Загалом,

впровадження віддалених апаратних комплексів визначено як стратегічний напрям розвитку, що забезпечує підготовку на конкурентоспроможних фахівців для сучасної промисловості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AnyDesk Technical Documentation. Remote Desktop Software for IT Professionals. URL: <https://support.anydesk.com/>
2. Arduino Language Reference. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/>
3. Kovalenko D., Briukhanova N., Kupriyanov O., Kalinichenko T. (2019) Academic Determination of Technical Information Optimization Due to Information and Communication Technologies. In: Auer M., Tsiatsos T. (eds) The Challenges of the Digital Transformation in Education. ICL 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 917. Springer, Cham. Pages 25-34. DOI:10.1007/978-3-030-11935-5\_3
4. Espressif Systems. ESP32 Series Datasheet. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/documentation>
5. Mavengere N., et al Applying innovative technologies and practices in the rapid shift to remote learning. Communications of the Association for Information Systems. 2021. Vol. 48.
6. Remote Labs in Education: Concepts, Architecture and Implementation/ ed. By J. Garcia-Zubia. Bilbao: University of Deusto, 2020. 340 p.
7. Sclater N. Digital Learning Environments in Higher Education. London : Macmillan Education UK, 2019. 215 p.
8. Tinkercad Circuits User Guide. Autodesk, Inc. URL: <https://www.tinkercad.com/>
9. Tripp J., Higgins G. Arduino Robotics: Technologies and Methodologies for Remote Education. International Journal of Online Engineering (iJOE). 2022. Vol. 18, No. 5. P. 112-128.
10. Биков В. Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерних-орієнтованої системи освіти України. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Т. 71, №3. С. 1-25.

11. Василенко Я. П. Методика навчання робототехніки майбутніх фахівців з комп'ютерних технологій у технічних коледжах. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Педагогіка. 2021. №2. С. 45-52.

12. Гуржій А. М., Карташова Л. А., Лапінський В. В. Засоби навчання робототехніки як складник сучасного освітнього середовища. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2020. №4. С. 3-11.

13. Козіброда С. В., Пальчик А. О., Мазур І.-С. В., Рак В. І. Модель системи віддаленого навчання програмуванню роботів // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2022. № 2. С. 31-41. DOI : 10.25128/2415-3605.22.2.4

14. Морзе Н. В., Гладун М. А., Дзюба С. М. Формування STEM-компетентностей учнів засобами робототехніки. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 65, №3. С. 37-52.

15. Спірін О. М. Моделювання та впровадження систем віддаленого доступу до лабораторного обладнання в технічній освіті. Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері. 2023. Т. 6, №1. С. 15-27.

16. Триус Ю. В., Гарасименко Ю.В. Комбіноване навчання як інноваційна освітня технологія у вищій школі. Теорія та методика електронного навчання. 2012. Вип. III. С. 299-308.

17. Штихло Л. В. Дистанційне навчання як перспективний напрям розвитку сучасної освіти. Молодий вчений. 2016. №6 (33). С. 489-492.