

УДК 371.13:504 (008)

DOI: 10.24144/2524-0609.2025.57.230-233

**Юрченко Наталія Василівна**

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
кафедра алгебри та диференціальних рівнянь  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м.Ужгород, Україна  
nataliia.yurchenko@uznhu.edu.ua  
<http://orcid.org/0000-0002-2825-8180>

**Пучков Михайло Леонідович**

магістр середньої освіти  
вчитель інформатики Ужгородського наукового ліцею  
Закарпатської обласної ради, Україна  
mkl387@gmail.com

**Ломага Марія Михайлівна**

старший викладач  
кафедра системного аналізу і теорії оптимізації  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м.Ужгород, Україна  
mariia.lomaha@uznhu.edu.ua  
<http://orcid.org/0000-0001-8813-0464>

## ІНТЕГРАЦІЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32 У ФАКУЛЬТАТИВНИЙ КУРС З РОБОТОТЕХНІКИ СТАРШОЇ ШКОЛИ

**Анотація.** У статті представлено авторську методику впровадження мікроконтролера ESP32 у факультативні заняття з робототехніки для учнів старшої школи. Актуальність зумовлена потребою шкіл у доступних інструментах для STEM-навчання та дефіцитом локалізованих методичних рішень. Мета – апробувати структуру курсу, яка поєднує апаратні можливості ESP32 з навчальними практиками проєктно-орієнтованого навчання. Методи дослідження: аналіз літератури й освітніх рішень, порівняння популярних платформ (Arduino, Raspberry Pi, LEGO Mindstorms), дизайн-орієнтоване дослідження із пілотуванням чотирьох навчальних кейсів («розумний дім» на MQTT, інтернет-радіо, «розумний» дзвінок, міні-метеостанція) та педагогічний моніторинг результатів. Результати: запропоновано поурочну структуру курсу, ряд практичних робіт і типові траєкторії диференціації завдань; за підсумками пілотування зафіксовано зростання зацікавленості учнів і вдале застосування теорії на практиці; окреслено проблеми (живлення, мережеві налаштування, калібрування датчиків) і способи їх дидактичного вирішення. Практичне значення: описані матеріали готові до використання в шкільних STEM-курсах, гуртках і хакатонах.

**Ключові слова:** STEM-освіта, робототехніка, мікроконтролер ESP32, факультативний курс, проєктно-орієнтоване навчання.

**Вступ.** Сучасна школа потребує інструментів, що дозволяють швидко переходити від теорії до робочих прототипів і водночас не перевантажують бюджет та ІКТ-інфраструктуру. ESP32 – мікроконтролер із вбудованими Wi-Fi/Bluetooth та широкою периферією – відповідає цим критеріям, тому є природним кандидатом для шкільних факультативів з робототехніки. Його використання відкриває вхід у світ IoT, керування сенсорно-виконавчими системами та мережевої взаємодії (MQTT/HTTP), що забезпечує високий рівень міждисциплінарності.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Українські науковці послідовно обґрунтовують доцільність системного впровадження освітньої робототехніки в загальну середню освіту. У роботі О.Струтинської [1] окреслено аргументи на користь введення робототехніки як обов'язкової складової шкільної програми та запропоновано можливі моделі інтеграції (окремий курс/модуль у межах інформатики, технологій або як складник STEM освіти), підкріплені опитуванням 254 педагогів і науковців щодо стану навчання робототехніки в українських школах.

Проблема підготовки педагогів є центральною у сучасних українських публікаціях. Серія праць С.Крамара та М.Шишкіної [2; 3] пропонує методичні засади підвищення кваліфікації вчителів інформатики та фізики через хмарні симулятори й апаратно-програмні комплекси (зокрема комплексу Arduino у середовищі навчання вчителів на платформі

Tinkercad Circuits) як ефективний шлях до формування практичних навичок з робототехніки в умовах неформальної освіти дорослих. У руслі шкільної практики Л.Мельничук з колегами [4] описують модель поглибленого вивчення робототехніки через вибіркові курси, синхронізовані з модельними програмами НУШ для 5–6 класів. Паралельно дослідження з дидактики фізики [5] фіксують зростання використання цифрових технологій (симуляцій, віртуальних лабораторій) як відповіді на ресурсні обмеження і потребу оновлення методик, що опосередковано стимулює інтеграцію робототехнічних і IoT-інструментів у навчання. Інституційні передумови для масштабування наявні: рішення Колегії МОН [6] передбачає робочу групу, аналіз динаміки до 2027 року, розроблення методичних рекомендацій і розвиток компетентностей педагогів зі STEM-освіти. У 2025 році МОН оголосило про субвенцію на STEM-лабораторії для 108 шкіл, що створює матеріальну базу для практичних занять з робототехніки та IoT (інтернет речей).

**Мета статті** – презентувати можливості факультативного курсу з робототехніки для старшої школи на основі використання можливостей мікроконтролера ESP32, описати навчальні кейси й окреслити доцільність впровадження курсу. **Методи дослідження:** теоретичні методи дослідження, а саме: аналіз наукової літератури, синтез отриманих при аналізі результатів для уточнення ключових понять дослідження, узагальнення та систематизація з метою формування

підсумкових авторських висновків дослідження, експериментальна реалізація навчальних кейсів.

**Виклад основного матеріалу.** На факультативних заняттях з робототехніки широко впроваджується проєктно-орієнтоване навчання: учні працюють у малих командах над реалістичними задачами. Це дає можливість до зростання мотивації до навчання, розвитку інженерного мислення та «м'яких навичок» (планування, презентування), що є елементами STEM-освіти.

*1. Обґрунтування вибору ESP32 для школи.* Мікроконтролер ESP32 від Espressif Systems зарекомендував себе як надзвичайно гнучка й універсальна платформа для освіти [7]. Його апаратні та програмні можливості роблять пристрій придатним для широкого спектра навчальних завдань – від основ електроніки до програмування та елементів робототехніки. Апаратна платформа ESP32 заснована на високопродуктивному двоядерному процесорі Tensilica LX6 з максимальною тактовою частотою 240 МГц. Такої обчислювальної спроможності достатньо для розв'язання більш складних задач, зокрема одночасного опитування датчиків, оброблення сигналів і передачі даних. Підтримка багатозадачності дає змогу старшокласникам працювати з реалістичними прикладами систем, наближених до сучасних інженерних рішень. Вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth відкривають двері до практик інтернету речей (IoT) [8]. Учні можуть під'єднуватися до локальної мережі, розгортати власну точку доступу або налагоджувати взаємодію пристроїв між собою – наприклад, для дистанційного керування роботами чи обміну вимірними параметрами. Ще одна сильна сторона – широкий набір інтерфейсів: GPIO, SPI, I2C, UART, ADC тощо. ESP32 легко поєднується з різноманітними сенсорами та виконавчими елементами, що дозволяє реалізовувати як прості, так і доволі складні навчальні проєкти – до прикладу, системи моніторингу температури, вологості або освітленості.

Важливою перевагою є можливість застосування спеціального режиму зниженого енергоспоживання. Для автономних застосунків – мобільних роботів чи портативних трекерів – це критично важливо й дає змогу довше працювати від батареї без втрати функціональності. З можливості програмування, ESP32 підтримує Arduino IDE, PlatformIO та ESP-IDF. Це дає можливість вибирати рівень складності: від простих «скетчів» до системного коду на базі низькорівневих інструментів. Завдяки відкритому програмному забезпеченню та активній спільноті розробників, учні отримують доступ до численних ресурсів: великий масив прикладів і бібліотек, що відчутно спрощує навчання.

*2. Архітектура факультативу.* Навчальна програма курсу структурується блоками з поступовим ускладненням. На старті учні знайомляться з апаратурою та середовищами розробки ESP32, опановують базові модулі та відразу виконують нескладні практичні експерименти. Далі фокус переноситься на периферію: під'єднання датчиків температури, вологості, руху, освітленості, робота з сервоприводами та реле; окремо розглядаються питання живлення й автономності. Потім іде модуль бездротових комунікацій – стандарти Wi-Fi і Bluetooth, побудова обміну між пристроями й мобільними застосунками, інтеграція на практичних прикладах із концепцією сучасного IoT. Наступний блок присвячено оптимізації коду та енергоефективності: енергозберігаючі режими ESP32, ощадливе керування периферією, прийоми скорочення споживання без втрати функціоналу. Фіналом стає індивідуальний або командний

кейс, що поєднує всі набуті компетентності.

Роботи для дослідження поверхні – це механізовані платформи, здатні збирати дані про фізичні властивості середовища і матеріалів: температуру, вологість, кут нахилу або фактуру поверхні тощо. Набір сенсорів визначається завданням: ультразвукові далекоміри – для вимірювання відстані до об'єкта, гіроскопи – для визначення нахилу, камера або датчик зображення – для візуального аналізу. Усі ці компоненти органічно поєднуються з ESP32 завдяки його інтерфейсам та архітектурі. У такій системі ESP32 виконує роль керуючого центра: приймає та обробляє дані сенсорів, а підтримка двоядерної архітектури та апаратного прискорення операцій з плаваючою комою дозволяє мікроконтролеру виконувати складні обчислення в реальному часі. Комунікаційні модулі Wi-Fi/Bluetooth полегшують передавання результатів на смартфон або комп'ютер для подальшого аналізу у вигляді графіків, звітів чи візуалізацій. Мікроконтролер підтримує програмування на мовах C++ або MicroPython, що зручно як для початківців, так і для більш підготовлених учнів.

Типовий навчальний проєкт проходить кілька логічних фаз. Спочатку продумується механічна частина: матеріал корпусу, тип коліс чи гусениць, живлення. Далі інтегруються електронні модулі – сенсори, виконавчі механізми, сам контролер. Після цього розробляються алгоритми: збирання та фільтрація даних, логіка керування, протоколи обміну. Завершальний етап – випробування й оптимізація на реальних сценаріях: аналіз текстур ґрунту, рух схилом, робота при різному освітленні. З точки зору дидактики, подібна практика дає змогу застосувати теорію в «живих» умовах і розвиває системне мислення. У процесі роботи учні стикаються з типовими інженерними дилемами – обмеженням енергоспоживання, калібруванням сенсорів, питаннями стабільності – і вчаться знаходити збалансовані рішення. Розроблення алгоритмів руху нерівною поверхнею, наприклад, підводить до практичного застосування законів фізики, вдало доповнюючи шкільний курс. ESP32 природно інтегрується з IoT-платформами, тож учнівські роботи можуть ставати частиною більших систем віддаленого моніторингу. Це підкреслює міждисциплінарність підходу: фізика, інформатика, математика, географія. Під'єднання до хмарних сервісів (Google Firebase, ThingSpeak) дозволяє зберігати значні масиви даних і аналізувати їх – корисно як у навчальних, так і в прикладних проєктах.

*3. Навчальні кейси та дидактичні акценти.* Для об'єктивної перевірки ефективності кожного завдання доцільно формувати групи з різним рівнем підготовки. Передбачається, що заняття проходять у лабораторії з ПК, платами ESP32, набором сенсорів і модулів, а також стабільним доступом до Wi-Fi. Перед кожною сесією учні отримують стислий інструктаж із безпеки та методичні рекомендації з основ підключення компонентів і базового програмування мікроконтролерів.

Кейс «інтернет-радіо» знайомить з аудіоапаратурою та мережевими потоками: використовуються плата ESP32, декодер VS1053, динаміки, кнопки, дріоти. Учні налаштовують Wi-Fi-підключення, відтворення потоку, перемикання станцій і регулювання гучності. Особливу увагу приділено конфігурації SPI-з'єднання між картою ESP32 і аудіодекодером. URL-адресу станції учні вчаться знаходити шляхом аналізу HTML-коду веб-сторінки. Практичне тестування завершиться демонстрацією роботи пристрою і аналізом можливих помилок, таких як можлива нестабільність зв'язку і неправильне відображення

станції.

Завдання зі «смарт-лампю» включатиме такі кроки, як підключення фотодіодів, написання коду для зчитування аналогових сигналів та програмування алгоритмів увімкнення або вимкнення світлодіодів на основі рівня освітлення. Під час тестування цього завдання учні перевірять роботу системи в різних умовах освітлення. Наприклад, лампа повинна автоматично вмикатися в темній кімнаті і вимикатися, коли рівень освітленості буде достатнім. В результаті більшості учнів повинні реалізувати алгоритм, але може бути утруднення при правильності встановлення порогу датчика. Ці проблеми будуть вирішені шляхом додаткових вимірювань і зміни коду.

Розробляючи розумний дзвінок, учні інтегруватимуть API Telegram Bot або Blynk з підключенням Wi-Fi для надсилання повідомлень на свої смартфони. Після складання пристрою старшокласники перевірять поведінку кнопки виклику та отримують повідомлення в режимі реального часу. Тести включатимуть перевірку правильності роботи мережевого протоколу, швидкості відгуку системи і точності відображення повідомлень. Передбачається, що більшість учнів швидко освоюють принцип інтеграції мікроконтролерів із зовнішніми службами та розширяють функціональність проекту, додавши налаштування до коду та змінивши телефонні повідомлення та вібраційні сигнали.

Кейс «Метеостанція» використовує сенсори DHT22 і BMP280 для вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску в поєднанні з OLED-дисплеєм. Завдання передбачає як перевірку точності вимірів, так і продуманий інтерфейс відображення. Успішно завершений проект покаже температуру і вологість в режимі реального часу і зміни атмосферного тиску. Щоб покращити свої навички, учні будуть заохочені запрограмувати додаткові функції, такі як зберігання даних у хмарному середовищі або перегляд прогнозів погоди.

Кожне заняття завершується рефлексією в групі: обговорюються труднощі, знахідки, способи усунення помилок. Це допомагає оцінити ефективність

уроку й виробити додаткові рекомендації щодо вдосконалення методики.

**Висновки.** Факультативний курс «Робототехніка з використанням ESP32» орієнтовано на учнів 11-го класу й покликано познайомити їх із можливостями сучасних мікроконтролерів, IoT та основами програмування. Програма спирається на чотири опорні кейси та спрямована на відпрацювання практичних умінь із апаратними й програмними інструментами, закріплення знань у межах командного проекту та публічну демонстрацію результатів. Досягнуті цілі включають опанування базових можливостей ESP32 і сфер застосування, роботу в Arduino IDE, ознайомлення з веб-інтерфейсами для керування пристроями, навички роботи з периферією та сенсорами, а також розвиток командної взаємодії. Запропонована модель курсу відповідає сучасним тенденціям STEM-освіти. Практичні завдання – інтернет-радіо, «розумна» лампа, «розумний» дзвінок, метеостанція – показали значний потенціал у формуванні технічних компетентностей, логічного мислення та інженерної культури. Під час експериментальних випробувань спостерігалось зростання зацікавлення робототехнікою та IT, а інтерактивність підходу позитивно вплинула на мотивацію учнів. Використання ESP32 сприяє підвищенню навчальних досягнень завдяки перенесенню теоретичних знань у практичні проекти. Учні мають можливість отримати досвід програмування, підключення апаратних модулів і створення функціональних пристроїв, що наближує освітній процес до актуальних вимог технічних спеціальностей. Таким чином, ESP32 забезпечує збалансоване співвідношення вартості, складності та функціональності для шкільних умов. Порівняно з платформами на повноцінних ОС зменшуються «операційні накладні витрати», а шлях від ідеї до «ближнього діючого через мережу» стає помітно коротшим. Подальшого опрацювання потребують методики безпечного підключення до хмарних технологій і політики обробки даних – це логічний вектор розвитку курсу і окреслює перспективи подальших досліджень.

**Конфлікт інтересів.** Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

**Фінансування.** Робота виконана за відсутності фінансової підтримки з боку будь-яких організацій.

**Доступність даних.** Це теоретичне дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

**Використання штучного інтелекту.** Інструменти штучного інтелекту не використовувались при написанні цієї роботи.

### Список використаної літератури

1. Струтинська О.В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. *Open educational e-environment of modern University. Special edition*. 2019. С.324–342.
2. Крамар С., Шишкіна М. Методичні особливості використання Arduino на платформі Tinkercad у середовищі неформальної освіти вчителів. *Фізико-математична освіта*. 2024. №39(5). С.27–33.
3. Крамар С.С., Шишкіна М.П. Модель використання Arduino для розвитку компетентності з робототехніки вчителів інформатики в умовах неформальної освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2025. Вип.218. С.139–143.
4. Мельничук Л., Яшан Б., Кондур О. Поглиблене вивчення робототехніки у школі впровадженням вибіркового навчальних курсів. *Освітні обрії*. 2022. №2(55). С.59–64.
5. Юрченко А., Хворостіна Ю., Шамо́ня В., Семеніхіна О. Цифрові технології у викладанні фізики: аналіз існуючих практик. *Фізико-математична освіта*. 2023. №38(5). С.53–59.
6. Колегія МОН України. Рішення «Про стан упровадження та перспективи розвитку STEM-освіти в Україні» (08.12.2021). (PDF). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/kolegiya-ministerstva/2021/12/Rish.12.5-19-08.12.2021.STEM-osvita.pdf>
7. ESP32 підключення до Wi-Fi та точка доступу. URL: <https://qazf.com.ua/esp32-wi-fi/>
8. Wi-Fi модуль ESP32-S. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/esp32-s-modul> (дата звернення: 13.11.2024).

### References

1. Strutyn's'ka, O.V. (2019) Aktual'nist' vprovadzhen'nyia osvityi robototekhniki v ukraïns'ku shkolu [The relevance of introducing educational robotics into Ukrainian schools]. *Open educational e-environment of modern University. Special edition*, 326–342. [in Ukrainian].
2. Kramar, S., Shyshkina, M. (2024) Metodychni osoblyvosti vykorystannia Arduino na platformi Tinkercad u seredovyshchi



- neformal'noyi osvity vchyteliv. Fizyko-matematychna osvita [Methodological features of using Arduino on the Tinkercad platform in the environment of informal education of teachers]. *Physics and Mathematics Education*, 39(5), 27–33. [in Ukrainian].
3. Kramar, S.S., & Shyshkina, M.P. (2025) Model' vykorystannya Arduino dlya roz-vytku kompetentnosti z robototekhniki vchyteliv informatyky v umovakh neformal'noyi osvity [A model of using Arduino for the development of robotics competence of computer science teachers in the context of informal education]. *Naukovi zapysky. Seriya: Pedagogichni nauky*, 218, 139–143.. [in Ukrainian].
  4. Mel'nychuk, L., Yashan, B., Kondur, O. (2023) Pohlyblene vyvchennya robototekhniki u shkoli vprovadzhennam vybirkovykh navchal'nykh kursiv [In-depth study of robotics at school by implementing selective training courses]. *Osvitni obriyi*, 2(55), 59–64. [in Ukrainian].
  5. Yurchenko, A., Khvorostina, YU., Shamonya, V., & Semenikhina, O. (2023) Tsyfrovi tekhnolohiyi u vykladanni fizyky: analiz isnuyuchykh praktyk [Digital technologies in teaching physics: analysis of existing practices]. *Fizyko-matematychna osvita*, 38 (5), 53–59.. [in Ukrainian].
  6. Kolehiya MON Ukrainy. Rishennya «Pro stan uprovadzhennya ta perspekty-vy rozvytku STEM-osvity v Ukraini» [Ministry of Education of Ukraine. “On the status of implementation and prospects for the development of STEM education in Ukraine”] (08.12.2021). URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/kolegiya-ministerstva/2021/12/Rish.12.5-19-08.12.2021.STEM-osvita.pdf> [in Ukrainian].
  7. ESP32 pidklyuchennya do Wi-Fi ta tochka dostupu. *ESP32 Wi-Fi connection and access point*. URL: <https://qazf.com.ua/esp32-wi-fi>
  8. Wi-Fi modul' ESP32-S. *ESP32-S Wi-Fi module*. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/esp32-s-modul>.

Статус статті: Отримано: 11.09.2025 Прийнято: 15.10.2025 Опубліковано: 30.10.2025

**Yurchenko Nataliia**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Ph.D., Associate Professor  
Department of Algebra and Differential Equations  
State University «Uzhhorod National University», Uzhhorod, Ukraine

**Puchkov Mykhailo**

Master of Secondary Education  
Teacher of Informatics, Uzhgorod Scientific Lyceum  
Transcarpathian Regional Council, Ukraine

**Lomaha Maria**

Senior Lecturer  
Department of System Analysis and Optimization Theory  
State University «Uzhhorod National University», Uzhhorod, Ukraine

**INTEGRATING THE ESP32 MICROCONTROLLER INTO A HIGH-SCHOOL ROBOTICS ELECTIVE COURSE**

**Abstract.** This paper presents a structured approach to integrating the ESP32 microcontroller into a high school robotics elective. The problem is relevant due to schools' demand for affordable tools enabling hands-on STEM experiences and the lack of localized, classroom-ready guidelines. The goal is to design and pilot a curriculum that bridges ESP32 capabilities with project-based learning. Methods included a literature and platform review (Arduino, Raspberry Pi, LEGO Mindstorms), a design-based pilot in a school lab, and pedagogical assessment via observation, checklists, rubrics, and team presentations. The curriculum of the course is organized into modules that gradually increase in complexity. At the initial stage, students explore the ESP32 hardware and development environments, master the basics of core modules, and immediately perform simple practical experiments. The focus then shifts to peripheral devices: connecting temperature, humidity, motion, and light sensors, as well as working with servomotors and relays. Power supply and autonomy are addressed as a separate topic. The following module introduces wireless communications, establishing interaction between devices and mobile applications, and integrating these into practical examples within the framework of modern IoT concepts. The subsequent block emphasizes code optimization and energy efficiency. Four learning cases were developed and tested: a MQTT-based smarthome node, an internet radio (ESP32+VS1053), a Wi-Fi smart doorbell, and a mini weather station with on-device and web dashboards. Results indicate increased student engagement, better theory to practice transfer, and the central role of “operational” scaffolds (power, networking, calibration). We provide a lesson blueprint, assessment rubrics, and differentiation tracks. The approach balances cost, complexity, and functionality, making ESP32 a strong fit for classroom robotics and IoT. Future work includes standardized learning analytics, expanded mobile robotics scenarios, and security aware cloud integration.

**Keywords:** STEM education, robotics, ESP32 microcontroller, elective course, project-based learning.