УДК 004.7:621.311.6:378.147
DOI https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2026.110.29

Соменко Д. В., Баранюк О. Ф.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ОФІСНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЇХ ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуто сучасні підходи до енергозбереження офісної техніки та можливості їх практичної реалізації в освітньому процесі закладів вищої освіти. Актуальність дослідження зумовлена зростанням енергоспоживання обладнання, недостатнім контролем його ефективності та необхідністю формування у здобувачів освіти компетентностей у сфері енергоефективності, Інтернету речей і аналізу даних. Особливу увагу приділено поєднанню тенденцій енергозбереження з навчальною інженерною діяльністю студентів, що забезпечує практико-орієнтований характер підготовки.

У межах дослідження проаналізовано міжнародні стандарти енергоефективності офісного обладнання, зокрема використання енергоощадних режимів роботи, автоматизованого керування живленням та систем моніторингу. Встановлено, що значний потенціал енергозбереження залишається нереалізованим через відсутність системного контролю споживання електроенергії в режимах простою та очікування.

Запропоновано концепцію та архітектуру навчальної IoT-системи моніторингу енергоспоживання на базі мікроконтролерів ESP8266 або ESP32 та вимірювальних модулів типу PZEM-004T або SCT-013. Розглянуто структуру приладу, що включає датчики вимірювання, мікроконтролерний блок, бездротову передачу даних і серверну частину для їх збереження та візуалізації.

Акцентовано увагу на освітньому аспекті впровадження. Реалізація проєкту дозволяє студентам набути практичних навичок проєктування IoT-систем, програмування мікроконтролерів, роботи з мережевими протоколами, базами даних та інструментами візуалізації.

Запропоновано алгоритм дослідження, що включає постановку задачі, розгортання системи, збір і аналіз даних та формування рекомендацій щодо зниження енергоспоживання. Показано, що використання системи дозволяє виявити неефективні режими роботи офісної техніки та обґрунтувати заходи з оптимізації її використання.

Ключові слова: *енергозбереження, офісна техніка, IoT-система, ESP8266, моніторинг енергоспоживання, енергоефективність, освітній процес.*

Стрімка цифровізація суспільства та зростання обсягів використання офісної техніки призводять до суттєвого збільшення енергоспоживання в установах освіти, бізнесу та державного сектору. Значна частина офісних пристроїв – комп’ютери, принтери, багатофункціональні пристрої, мережеве обладнання – експлуатуються без урахування принципів енергоефективності, що спричиняє нераціональні витрати електроенергії, підвищення експлуатаційних витрат та негативний вплив на довкілля. У контексті глобальних викликів, пов’язаних із енергетичною безпекою та сталим розвитком, питання оптимізації енергоспоживання офісної техніки набуває особливої актуальності.

Водночас сучасні світові тенденції свідчать про активне впровадження інтелектуальних систем управління енергоспоживанням, автоматизованого моніторингу та використання енергоефективних технологій, що дозволяють значно знизити енергетичні втрати. Однак на практиці впровадження таких підходів часто обмежується недостатнім рівнем підготовки фахівців, відсутністю прикладних навичок аналізу та контролю енергоспоживання, а також слабкою інтеграцією відповідних компетентностей у освітній процес.

У цьому контексті виникає суперечність між зростаючими вимогами до енергоефективності технічних систем і недостатнім рівнем сформованості практичних умінь майбутніх фахівців щодо забезпечення енергозбереження в процесі експлуатації обладнання. Розв’язання цієї проблеми потребує поєднання теоретичних знань із практико-орієнтованою діяльністю, зокрема шляхом залучення здобувачів освіти до розробки та впровадження систем моніторингу енергоспоживання офісних пристроїв.

Отже, **актуальність дослідження** зумовлена необхідністю пошуку ефективних підходів до енергозбереження офісної техніки та їх інтеграції в освітній процес з метою формування у студентів сучасних професійних компетентностей, що відповідають запитам ринку праці та викликам сталого розвитку.

Сучасні підходи до енергозбереження офісної техніки базуються на стандартах ENERGY STAR [6, 8], автоматичних режимах сну для комп’ютерів і моніторів, а також регламентах екодизайну для серверів [1–3]. Реалізація в освітньому процесі передбачає інтеграцію тем енергоефективності в шкільні програми (з 4-го по 11-й клас) [9, 10] та практичні заходи в університетах, включаючи моніторинг і заміну обладнання. Автори [9–13] спираються на гармонізацію українських норм з ЄС: постанова КМУ № 160 (від 5 лютого 2026 р.) встановлює мінімальну ефективність блоків живлення серверів (96% при 50% навантаження), а регламенти 2025 р. вводять маркування A–G та обмеження standby-режиму (≤ 0,5 Вт).

Дослідження ВНЗ (КПІ, СумДУ) описують системи енергоменеджменту з циклом PDCA, автоматизованим моніторингом, заміною ламп/вікон, що економить до 6 млн грн/рік; практичні поради охоплюють

розумні розетки та оновлення ПЗ. У освіті проекти «Енергоефективні школи» та посібники для вчителів акцентують на STEM-дослідах. Технічні заходи включають LED-освітлення, частотні перетворювачі INVT, ENERGY STAR для панелей (65–95 Вт); організаційні – енергоаудит, рейтинги підрозділів.

Недостатня реалізація систем енергоменеджменту через брак фінансування, неповний моніторинг і відсутність обов'язкових служб у ЗО (класи А–В неефективні). Вразливість до відключень вимагає резервного живлення; бракує автоматизованих комплексів для аналізу даних у освітній галузі.

У світі енергозбереження офісної техніки в освітніх закладах реалізується через стандарти ENERGY STAR [6, 8], комбінацію поведінкових і технологічних втручань, а також інтеграцію в програми сталого розвитку. Університети та школи впроваджують енергоефективне обладнання (комп'ютери на 30–65% економніші, монітори – на 20%, принтери – на 40%), автоматизацію HVAC та освітлення, з окупністю 1–1,5 роки.

Університет Мен (США) рекомендує купувати ENERGY STAR-техніку, мультифункціональні пристрої замість окремих принтерів/сканерів для скорочення споживання. Дослідження UTeM (Малайзія) показують ефективність кампаній підвищення обізнаності: поведінкові заходи (вимикання техніки) + технології (сенсори) знижують витрати на 15–72%. GSQS ЮНЕСКО для шкіл включає енергоефективність у врядування, ESD в curriculum, партнерства з громадами.

У вищих навчальних закладах (NREL, США) поширені EBCx (22% заощаджень в офісах), апгрейди plug loads, сонячні панелі; приклади – закупівлі ноутбуків з миттєвою окупністю. Європа (Carbon Trust) фокусується на fabric, heating, lighting, CHP; обсяг – до 25% скорочення в FHE. Рецензії підкреслюють EERES: енергоефективність + ВДЕ для нульового вуглецю.

Незважаючи на значну кількість досліджень у сфері енергоефективності офісної техніки та впровадження міжнародних стандартів енергозбереження, залишається недостатньо вирішеним питання системного моніторингу фактичного енергоспоживання в умовах освітніх закладів. Більшість існуючих підходів зосереджені на нормативному регулюванні або рекомендаціях щодо використання енергоощадних режимів, однак не забезпечують інструментального контролю та оперативного аналізу реальних енергетичних втрат у процесі експлуатації обладнання. Це ускладнює прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації енергоспоживання.

Недостатньо розвиненим залишається також аспект інтеграції систем енергомоніторингу в освітній процес. Існуючі навчальні підходи переважно мають теоретичний характер і не передбачають залучення здобувачів освіти до повного циклу дослідження – від збору первинних даних до їх аналітичної обробки та інтерпретації результатів. Відсутність доступних і водночас функціональних навчальних IoT-рішень обмежує можливості формування практичних компетентностей у сфері енергоаудиту, аналізу даних та цифрових технологій керування енергоспоживанням.

Виклад основного матеріалу дослідження доцільно розпочати з узагальнення сучасних підходів до енергозбереження офісної техніки, які базуються на поєднанні технологічних, програмних та організаційних рішень. У світовій практиці ключову роль відіграє впровадження енергоефективного обладнання, що відповідає міжнародним стандартам, використання автоматизованих режимів енергозбереження (sleep, standby), а також інтелектуальних систем керування енергоспоживанням. Важливим напрямом є перехід від окремих пристроїв до багатофункціональних систем, що дозволяє зменшити загальне навантаження на енергомережу та оптимізувати використання ресурсів.

Значна увага приділяється системам моніторингу енергоспоживання, які забезпечують збір і аналіз даних у реальному часі, дозволяючи виявляти неефективні режими та оптимізувати використання техніки. Перспективним є застосування доступних рішень на базі мікроконтролерів, датчиків і мережевих модулів.

В освітньому процесі студенти можуть розробляти прототип такої системи для офісних пристроїв із подальшою візуалізацією даних у вигляді графіків і звітів. Це сприяє формуванню навичок роботи з електронікою, програмуванням і аналізом даних, а також розуміння принципів енергоефективності.

Експериментальна апробація в навчальних аудиторіях показує можливість зниження енергоспоживання завдяки оптимізації режимів роботи та вимкненню неактивного обладнання. Отже, впровадження таких підходів підвищує енергоефективність і сприяє формуванню сучасних професійних компетентностей.

У межах дослідження пропонується практико-орієнтований підхід до формування компетентностей здобувачів освіти, що передбачає розробку та впровадження системи моніторингу енергоспоживання офісних пристроїв на базі сучасних мікроконтролерних платформ. Такий проєкт дозволяє поєднати теоретичні аспекти енергоефективності з реальними інженерними рішеннями та забезпечує набуття студентами практичних навичок у сфері IoT, обробки даних та енергоменеджменту.

Принцип побудови запропонованої системи ґрунтується на використанні мікроконтролера типу ESP8266 або ESP32, який виконує функції збору, первинної обробки та передачі даних. До мікроконтролера підключається вимірювальний модуль – датчик струму або потужності, наприклад неінвазивний трансформатор струму SCT-013 або більш функціональний модуль PZEM-004T, що дозволяє отримувати значення напруги, сили струму, миттєвої потужності та спожитої електроенергії. Вибір датчика визначається рівнем складності проєкту та необхідною точністю вимірювань.

Збір даних здійснюється шляхом періодичного зчитування параметрів електромережі (з інтервалом 5–10 секунд), після чого інформація передається через бездротову мережу Wi-Fi на сервер або у хмарне середовище. Для передачі даних доцільно використовувати легковагові протоколи, зокрема MQTT або HTTP, що широко застосовуються в IoT-системах. На стороні сервера організовується прийом, збереження та обробка даних із використанням таких інструментів, як Node-RED або програмні рішення на базі Python, із подальшим записом у базу даних (наприклад, InfluxDB або SQLite).

Важливою складовою системи є модуль візуалізації, який забезпечує наочне представлення результатів вимірювань у вигляді графіків, таблиць та аналітичних панелей. Для цього можуть використовуватися платформи типу Grafana або веб-інтерфейси власної розробки. Такий підхід дозволяє студентам аналізувати динаміку енергоспоживання, порівнювати режими роботи обладнання (активний, очікування, режим сну), а також виявляти неефективні сценарії використання техніки.

Функціонально система працює за принципом розподіленого збору даних: окремі вимірювальні вузли встановлюються на різних офісних пристроях (персональні комп’ютери, монітори, принтери, мережеве обладнання), що дає змогу здійснювати комплексний моніторинг енергоспоживання в межах аудиторії або лабораторії. Отримані дані централізовано обробляються та використовуються для подальшого аналізу.

Додатково система може бути розширена за рахунок інтеграції керуючих елементів, зокрема реле або “розумних” розеток, що дозволяють не лише здійснювати моніторинг, але й реалізовувати елементи автоматизованого керування енергоспоживанням (наприклад, дистанційне вимкнення пристроїв або обмеження роботи в періоди простою).

Реалізація такого проєкту в освітньому процесі сприяє формуванню у студентів цілісного уявлення про сучасні підходи до енергозбереження, включаючи як технічні аспекти (робота з сенсорами, мікроконтролерами, мережевими протоколами), так і аналітичні (збір, обробка та інтерпретація даних). Водночас студенти залучаються до виконання повного циклу інженерної діяльності – від проєктування системи до аналізу отриманих результатів та формування практичних рекомендацій щодо підвищення енергоефективності офісного обладнання.

Алгоритм дослідження енергоспоживання офісних пристроїв в освітньому процесі доцільно будувати як послідовність етапів, що охоплюють повний цикл інженерно-аналітичної діяльності – від постановки задачі до формування практичних рекомендацій.

На *початковому етапі* визначаються об’єкти дослідження (комп’ютери, монітори, принтери, мережеве обладнання), режими їх роботи та формулюється гіпотеза щодо можливостей зниження енергоспоживання. Далі виконується розгортання системи моніторингу: підключення вимірювальних модулів, налаштування мікроконтролера, передача даних до серверної частини, калібрування датчиків.

Основний етап передбачає збір експериментальних даних протягом визначеного часу з автоматичним накопиченням показників у базі даних. Після цього здійснюється обробка результатів: визначення середніх значень потужності, порівняння режимів роботи та оцінка потенціалу енергозбереження. На основі аналізу формуються рекомендації щодо оптимізації налаштувань, автоматизації керування живленням і використання енергоефективного обладнання.

Завершальний етап включає оформлення результатів у вигляді звіту чи презентації та їх обговорення. Це сприяє розвитку аналітичного мислення студентів і формуванню дослідницьких компетентностей.

Таким чином, запропонований алгоритм забезпечує системний підхід до дослідження енергоспоживання офісної техніки та дозволяє інтегрувати сучасні технології моніторингу в освітній процес, формуючи у студентів як технічні, так і дослідницькі компетентності.

Розробка та впровадження такого приладу в освітньому процесі вимагає дотримання правил електробезпеки, особливо при роботі з мережею змінного струму 220 В. З метою підвищення безпеки доцільно використовувати готові вимірювальні модулі або неінвазивні датчики, а також організовувати роботу студентів у вигляді окремих підгруп (апаратна частина, програмування, аналітика).

Таким чином, запропонований прилад є ефективним інструментом для дослідження енергоспоживання офісної техніки та водночас слугує засобом інтеграції сучасних цифрових технологій у підготовку майбутніх фахівців.

Висновки та подальші перспективи дослідження. У результаті аналізу підходів до енергозбереження офісної техніки та розробки студентського проєкту системи моніторингу сформульовано такі висновки.

Сучасні офісні системи орієнтовані на енергоефективне обладнання та автоматизоване керування, однак значний потенціал економії залишається нереалізованим через недостатній контроль і аналіз споживання.

Запропонована IoT-система на базі ESP8266/ESP32 і вимірювальних модулів забезпечує доступний моніторинг із передачею та візуалізацією даних. Її впровадження в освітньому процесі сприяє формуванню практичних компетентностей у сфері електроніки, програмування та аналізу даних.

Дослідження показало, що навіть базовий моніторинг дозволяє виявити втрати енергії в режимах простою, що відкриває можливості для їх зменшення через оптимізацію роботи обладнання.

Подальший розвиток даного напряму доцільно пов’язувати з розширенням функціональності системи моніторингу та її інтеграцією в більш складні енергетичні та освітні екосистеми.

Перш за все перспективним є впровадження елементів інтелектуального аналізу даних, зокрема використання алгоритмів машинного навчання для прогнозування енергоспоживання та виявлення аномальних режимів роботи обладнання. Це дозволить перейти від простого моніторингу до адаптивного управління енергетичними процесами.

Другим напрямом розвитку є створення масштабованих мережевих систем моніторингу, які охоплюють не лише окремі аудиторії, а й цілі навчальні корпуси або організації. У такому випадку можливе формування централізованих енергоменеджмент-систем із розподіленими сенсорними вузлами.

Окрему перспективу становить інтеграція системи з навчальними платформами та цифровими освітніми середовищами, що дозволить використовувати реальні енергетичні дані в навчальних дисциплінах, лабораторних роботах та проєктній діяльності студентів.

Таким чином, запропонований підхід має не лише прикладне значення для підвищення енергоефективності офісної техніки, але й значний освітній потенціал, оскільки сприяє формуванню у здобувачів освіти сучасного інженерного мислення та компетентностей у сфері цифрових технологій, IoT та сталого розвитку.

Використана література:

1. At the Office – Office of Sustainability – The University of Maine. URL: https://umaine.edu/sustainability/energywise/office-equipment/ (дата звернення: 25.04.2026).
2. Promoting Energy Efficiency in Higher Education: A Study of Behavioral and Technological Interventions. URL: https://hrmars.com/papers_submitted/ 25172/promoting-energy-efficiency-in-higher-education-a-study-of-behavioral-and-technological-interventions (дата звернення: 25.04.2026).
3. Energy Efficiency in Schools: Sustainable Solutions. URL: https://i4di.org/energy-efficient-schools/ (дата звернення: 25.04.2026).
4. Sustainability Actions in Higher Education. National Renewable Energy Laboratory (NREL). URL: https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67900.pdf (дата звернення: 25.04.2026).
5. A state-of-the-art review of energy-efficient and renewable energy systems in higher education. Frontiers in Energy Research. URL: https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/ fenrg.2023.1344216/ pdf (дата звернення: 25.04.2026).
6. Energy and SDG 4 Quality Education: Policy Brief 4. United Nations. URL: https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-05/POLICY%20BRIEF%204% 20-%20ENERGY%20AND%20SDG%204%20QUALITY%20EDUCATION.pdf (дата звернення: 25.04.2026).
7. Як знизити енергоспоживання в офісі: ефективні поради для бізнесу. URL: https://landlord.ua/agrolife-en/yak-zniziti-energospozhivannya-v-ofisi-efektivni-poradi-dlya-biznesu/ (дата звернення: 25.04.2026).
8. ENERGY STAR для навчального обладнання: чому це вигідно. Освіта.ua. URL: https://osvita.ua/school/95964/ (дата звернення: 25.04.2026).
9. Енергоефективність у школах: готові посібники для вчителів. Нова українська школа. URL: https://nus.org.ua/2025/07/25/energoefektyvnist-u-shkolah-gotovi-posibnyky-dlya-vchyteliv/ (дата звернення: 25.04.2026).
10. Українських школярів навчатимуть енергоефективності з 4-го до 11-го класу. Освіторія. URL: https://osvitoria.media/news/ukrayinskyh-shkolyariv-navchatymut-energoefektyvnosti-z-4-do-11-klasu/ (дата звернення: 25.04.2026).
11. Нові технічні регламенти в сфері енергетичного маркування та екодизайну набули чинності в Україні. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: https://saee.gov.ua/news/novi-tekhnichni-rehlamenty-v-sferi-enerhetychnoho-markuvannia-ta-ekodyzainu-nabuly-chynnosti-v-ukraini (дата звернення: 25.04.2026).
12. Сучасні рішення для енергозбереження від INVT. URL: https://ukrprommotor.com.ua/blog/suchasni-rishennya-dlya-energozberezhennya-vid-invt (дата звернення: 25.04.2026).
13. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 2. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b3282e76-ad8d-42b0-b45f-7fa41f9c696b/content (дата звернення: 25.04.2026).
14. Соменко О.О., Соменко Д.В. Вільнопоширюване апаратне та програмне забезпечення для організації навчально-дослідницької роботи майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін. Наукові записки. Серія «Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти». Кропивницький, 2017. Вип. 11. Ч. 1. С. 122–128.

References:

1. At the Office – Office of Sustainability – The University of Maine (n.d.) At the Office – Office of Sustainability – The University of Maine. URL: https://umaine.edu/sustainability/energywise/office-equipment/
2. Promoting Energy Efficiency in Higher Education: A Study of Behavioral and Technological Interventions (n.d.) Promoting Energy Efficiency in Higher Education: A Study of Behavioral and Technological Interventions. URL: https://hrmars.com/papers_submitted/25172/promoting-energy-efficiency-in-higher-education-a-study-of-behavioral-and-technological-interventions
3. Energy Efficiency in Schools: Sustainable Solutions (n.d.) Energy Efficiency in Schools: Sustainable Solutions. URL: https://i4di.org/energy-efficient-schools/
4. Sustainability Actions in Higher Education (n.d.) Sustainability Actions in Higher Education. National Renewable Energy Laboratory. URL: https://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67900.pdf
5. A state-of-the-art review of energy-efficient and renewable energy systems in higher education (2023) A state-of-the-art review of energy-efficient and renewable energy systems in higher education. Frontiers in Energy Research. URL: https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2023.1344216/pdf
6. Energy and SDG 4 Quality Education: Policy Brief 4 (2021) Energy and SDG 4 Quality Education: Policy Brief 4. United Nations. URL: https://sdgs.un.org/sites/default/files/2021-05/POLICY%20BRIEF%204%20-%20ENERGY%20AND%20SDG%204%20QUALITY%20EDUCATION.pdf
7. Yak znyzyty enerhospozhyvannia v ofisi: efektyvni porady dlia biznesu (n.d.) Yak znyzyty enerhospozhyvannia v ofisi: efektyvni porady dlia biznesu [How to reduce energy consumption in the office: effective tips for business]. URL: https://landlord.ua/agrolife-en/yak-zniziti-energospozhivannya-v-ofisi-efektivni-poradi-dlya-biznesu/ [in Ukrainian].

8. ENERGY STAR dlia navchalnoho obladnannia: chomu tse vyhidno (n.d.) ENERGY STAR dlia navchalnoho obladnannia: chomu tse vyhidno [ENERGY STAR for educational equipment: why it is beneficial]. Osvita.ua. URL: https://osvita.ua/school/95964/ [in Ukrainian].
9. Enerhoefektyvnist u shkolakh: hotovi posibnyky dlia vchyteliv (2025) Enerhoefektyvnist u shkolakh: hotovi posibnyky dlia vchyteliv [Energy efficiency in schools: ready-made manuals for teachers]. Nova ukrainska shkola. URL: https://nus.org.ua/2025/07/25/energoefektyvnist-u-shkolah-gotovi-posibnyky-dlya-vchyteliv/ [in Ukrainian].
10. Ukrainskykh shkoliariv navchatymut enerhoefektyvnosti z 4-ho do 11-ho klasu (n.d.) Ukrainskykh shkoliariv navchatymut enerhoefektyvnosti z 4-ho do 11-ho klasu [Ukrainian school students will be taught energy efficiency from grades 4 to 11]. Osvitoriia. URL: https://osvitoria.media/news/ukrayinskyh-shkolyariv-navchatymut-energoefektyvnosti-z-4-do-11-klasu/ [in Ukrainian].
11. Novi tekhnichni rehlamenty v sferi enerhetychnoho markuvannia ta ekodyzainu nabuly chynnosti v Ukraini (n.d.) [New technical regulations in the field of energy labeling and ecodesign have entered into force in Ukraine]. Derzhavne ahentstvo z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia Ukrainy. URL: https://saee.gov.ua/news/novi-tekhnichni-rehlamenty-v-sferi-enerhetychnoho-markuvannia-ta-ekodyzainu-nabuly-chynnosti-v-ukraini [in Ukrainian].
12. Suchasni rishennia dlia enerhozberezhennia vid INVT (n.d.) Suchasni rishennia dlia enerhozberezhennia vid INVT [Modern solutions for energy saving from INVT]. URL: https://ukrprommotor.com.ua/blog/suchasni-rishennya-dlya-energozberezhennya-vid-invt [in Ukrainian].
13. Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia (2016) Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia [Energy: economics, technologies, ecology]. No. 2. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b3282e76-ad8d-42b0-b45f-7fa41f9c696b/content [in Ukrainian].
14. Somenko O.O., Somenko D.V. (2017) Vilnoposhyriuvane aparatne ta prohramne zabezpechennia dlia orhanizatsii navchalno-doslidnytskoi roboty maibutnikh vchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin [Open-source hardware and software for organizing research-based learning of future teachers of natural and mathematical disciplines]. Naukovi zapysky. Seriia: Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity. Kropyvnytskyi. Issue 11, Part 1. Pp. 122–128 [in Ukrainian].

D. Somenko, O. Baraniuk. Modern Approaches to Energy Saving of Office Equipment and Their Practical Implementation in the Educational Process Using Microcontroller Systems

The article examines modern approaches to energy saving in office equipment and the possibilities of their implementation in the educational process of higher education institutions. The relevance of the study is due to the growing energy consumption of office equipment, insufficient control over its efficiency, and the need to develop students’ competencies in energy efficiency, the Internet of Things, and data analysis. Particular attention is paid to integrating energy-saving trends with students’ engineering activities to ensure a practice-oriented approach and improve learning outcomes in technical education and applied research.

The study analyzes international energy efficiency standards for office equipment, including energy-saving operating modes, automated power management, and intelligent monitoring systems. It is established that significant energy-saving potential remains unrealized due to the lack of systematic control over electricity consumption in idle and standby modes.

A concept and architecture of an educational IoT-based system for monitoring energy consumption are proposed, based on ESP8266 or ESP32 microcontrollers and modules such as PZEM-004T or SCT-013. The system includes sensors, a microcontroller-based processing unit, a wireless communication channel, and a server component for data storage and visualization.

Emphasis is placed on the educational value of the solution, enabling students to gain practical skills in IoT system design, microcontroller programming, network protocols, databases, and data visualization, as well as data-driven decision making.

An algorithm for conducting the study is proposed, including problem definition, system deployment, data collection and analysis, and the development of recommendations for reducing energy consumption.

Key words: *energy saving; office equipment; IoT system; ESP8266; energy consumption monitoring; energy efficiency; educational process.*

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 21.05.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0