

**ЗАСТОСУВАННЯ ПРАКТИЧНОГО НАВЧАЛЬНОГО
ІНСТРУМЕНТАРІЮ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ
РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ «ГІДРОПОНІКА. РОЗУМНА ТЕПЛИЦЯ»**

Бантиш Вікторія, Карєва Катерина

Науковий керівник: канд. пед. наук, доцент Абрамова О.В.

*Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка
м. Кропивницький, Україна*

У статті розглядається проблема забезпечення продовольчої безпеки в умовах обмеженості природних ресурсів та зростаючого антропогенного навантаження на традиційні аграрні системи, що зумовлює необхідність переходу до контрольованого сільського господарства та впровадження інноваційних безґрунтових технологій, зокрема гідропоніки. Проаналізовано сучасні підходи до створення та функціонування гідропонних систем, їхні переваги та недоліки, а також окреслено важливість інтеграції автоматизованих технологічних рішень, які забезпечують стабільний мікроклімат для оптимального росту рослин. Особливу увагу приділено застосуванню систем управління мікрокліматом різного рівня автоматизації та використанню мікроконтролерів (Arduino) для підвищення точності та ефективності тепличного виробництва. У межах дослідження визначено освітній та практикоорієнтований потенціал впровадження навчального STEM-проєкту «Розумна теплиця», що дозволяє учням 8 класу формувати практичні навички з програмування, електроніки, агротехнологій і командної взаємодії. Результати роботи демонструють, що застосування автоматизованих гідропонних систем не лише сприяє підвищенню врожайності та ресурсоефективності, але й виступає потужним педагогічним інструментом, інтегрованим у зміст навчальних предметів «Біологія» та «Технології».

Ключові слова: Гідропоніка, автоматизація, мікроклімат теплиці, STEM-освіта, Arduino, безґрунтові технології, розумна теплиця, моніторинг та керування, навчальний проєкт, ресурсоефективність.

**Application of practical teaching tools in technology classes on the example of the
implementation of the project «Hydroponics. Smart greenhouse»**

V. Bantysh, K. Kareva

Scientific supervisor: Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Abramova O.V.

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, Kropyvnytsky, Ukraine

The article discusses the problem of ensuring food security in conditions of limited natural resources and growing anthropogenic pressure on traditional agricultural systems, which necessitates a transition to controlled agriculture and the introduction of innovative soilless technologies, in particular hydroponics. It analyzes modern approaches to the creation and operation of hydroponic systems, their advantages and disadvantages, and outlines the importance of integrating automated technological solutions that provide a stable microclimate for optimal plant growth. Particular attention is paid to the use of microclimate control systems with varying levels of automation and the use of microcontrollers (Arduino) to improve the accuracy and efficiency of greenhouse production. The study identified the educational, practical and interdisciplinary potential of implementing the «Smart Greenhouse» STEM project, which allows 8th grade students to develop practical skills in programming, electronics, agricultural technology, and teamwork. The results of the work demonstrate that the use of automated hydroponic systems not only contributes to increased productivity and resource efficiency, but also serves as a powerful pedagogical tool integrated into the content of the subjects «Biology» and «Technology».

Key words: Hydroponics, automation, greenhouse microclimate, STEM education, Arduino, soilless technologies, smart greenhouse, monitoring and control, educational project, resource efficiency.

Постановка проблеми. У сучасному світі проблема продовольчої безпеки загострюється через обмеженість природних ресурсів та зростаючий негативний вплив на традиційне землеробство (деградація ґрунтів, зміна клімату). Це вимагає переходу до контрольованого сільського господарства та активного впровадження інноваційних безґрунтових технологій, таких як гідропоніка, аеропоніка та аквапоніка, для забезпечення сталого та ефективного виробництва. Паралельно, стрімкий розвиток інформаційних технологій стимулює необхідність інтеграції інтелектуальних систем та автоматизованих цифрових рішень, що ґрунтуються на мережевій взаємодії пристроїв, для оптимізації як побутових, так і промислових процесів. Ці «розумні» рішення, засновані на технологіях інтернету речей, вже застосовуються для управління освітленням, мікрокліматом та іншими функціями. Ключова проблема полягає у необхідності комплексної та ефективної розробки та інтеграції інтелектуальних мережесистем як для модернізації сільського господарства шляхом впровадження

новітніх безґрунтових методів, так і для автоматизації побутових процесів, що спільно сприятиме підвищенню стійкості виробництва та якості життя.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблематика STEM-освіти активно розглядається у сучасних науково-педагогічних дослідженнях, що підтверджує широкий спектр публікацій, матеріалів конференцій тощо [3-5]. Дослідники наголошують, що STEM-освіта стала ключовим елементом реалізації концепції Нової української школи, адже забезпечує розвиток критичного, інженерного та творчого мислення, стимулює проєктно-дослідницьку діяльність та сприяє формуванню ключових компетентностей учнів.

Так, О. Ляшенко визначає STEM як цілісну освітню галузь, інтегровану у структуру НУШ, підкреслюючи її роль у формуванні ключових компетентностей та розвитку учнів через практичну, дослідницьку й інженерну діяльність [4].

У вітчизняних публікаціях значна увага приділяється необхідності оновлення підходів до STEM-освіти [3], зокрема підготовці педагогів, розвитку дослідницької діяльності учнів, інтеграції цифрових технологій та забезпеченню матеріально-технічних умов для реалізації STEM-ініціатив у школах. Дослідники також наголошують на важливості міждисциплінарності, поєднання природничих наук, технологій та інженерії з мистецтвом і творчими практиками – що відповідає ідеям STEAM-підходу.

Більшість авторів акцентує увагу на теоретичних, концептуальних або організаційних засадах STEM-освіти, підкреслюючи її важливість у реалізації компетентнісного підходу, однак практичні аспекти впровадження STEM-проєктів у навчальному середовищі висвітлені недостатньо. Навіть попри наявність окремих статей, що демонструють приклади STEM-занять або заходів, вони здебільшого не містять деталізованих описів інженерних рішень, алгоритмів автоматизації, інтеграції цифрових датчиків, робототехнічних платформ чи мікроконтролерів Arduino.

Напряму впровадження складних STEM-проєктів, які поєднують агротехнології, робототехніку, електроніку та програмування, залишається недостатньо дослідженим. У цьому контексті навчальний STEM-проєкт

«Розумна теплиця», заснований на гідропонних технологіях та автоматизованих системах керування мікрокліматом, здатен продемонструвати такий підхід через детально розроблену модель практичної STEM-реалізації, представлену як комплексний технологічний освітній продукт для учнів 8 класу.

Мета статті – розробити та дослідити ефективність автоматизованої гідропонної системи для оптимізації тепличного виробництва, а також визначити її роль як практичного навчального інструментарію на уроках технологій.

Методи дослідження. У статті використано комплекс методів, що включає аналіз та систематизацію науково-технічної літератури з гідропоніки, автоматизації тепличних систем та STEM-освіти, порівняльний аналіз традиційних і безґрунтових технологій, а також моделювання автоматизованої гідропонної установки з оцінкою її функціональних можливостей для навчального процесу. Крім того, застосовано педагогічні методи для прогнозування результативності проєктної діяльності та визначення компетентностей, що формуються в учнів під час реалізації проєкту «Розумна теплиця».

Виклад основного матеріалу (результатів) дослідження. Актуальні дослідження зосереджені на необхідності переходу до контрольованого сільського господарства та інтеграції інноваційних безґрунтових технологій. Це є прямим наслідком обмеженості природних ресурсів та зміни клімату, що вимагає активного впровадження гідропоніки. Гідропоніка, як метод вирощування рослин без ґрунту, дозволяє контролювати умови росту і знижувати використання ресурсів [1].

Висока ефективність тепличного виробництва досягається завдяки автоматизації. Розвиток інформаційних технологій стимулює інтеграцію інтелектуальних мережевих систем (IoT) для оптимізації процесів [7]. Хоча повністю автоматизовані системи вимагають значних фінансових витрат, вони забезпечують високу точність керування мікрокліматом на основі принципу зворотного зв'язку. При цьому гідропоніка критично залежить від електроенергії та постійного, точного контролю рН і поживних речовин, що робить автоматизацію необхідною умовою успіху [6].

Вирощування овочевих культур у теплицях є одним із найефективніших напрямів інтенсифікації рослинництва, що дозволяє подовжити вегетаційний період, захистити рослини від несприятливих погодних умов і забезпечити стабільні врожаї з високими якісними показниками. Тепличне господарство дає можливість створити контрольоване середовище, необхідне для повноцінного розвитку рослин, що особливо актуально в кліматичних умовах України з тривалим зимовим і нестабільним літнім періодом.

Гідропоніка – це метод вирощування рослин без ґрунту. Замість ґрунту використовуються живильні розчини. Таким чином, усі необхідні речовини в точних пропорціях подаються безпосередньо до коріння. Метод гідропоніки є популярним серед аграріїв, бо дозволяє більш ефективно контролювати умови зростання культури в будь-яку пору року, а також знизити використання води та добрив [2].

Засновником сучасної технології вважається Вільям Фредерік Герік, який запровадив сам термін «гідропоніка» та реалізував ідею у промислових масштабах [2].

Такий проєкт буде мати інтегроване підґрунтя, що може бути реалізовано на уроках технологій та біології у 8 класі. Зокрема на уроці біології учні знайомляться із видами гідропонних систем. Вони розглядають, що існують такі основні види гідропонних систем, як ґнотова, краплинного зрошення, приливно-відливна, аеропоніка, плавуча платформа або DWC, техніка живильного шару [2]. Детальніше про гідропонні системи наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Гідропонні системи [2]

Види	Значення
Ґнотова	Даний вид вважається одним із найдоступніших і найпростіших у використанні, оскільки для нього не потрібне спеціалізоване обладнання. Живлення коренів відбувається завдяки капілярному ефекту: ґніт або шнур прокладають через дно горщика та занурюють у розчин, який сам поступово підіймається і насичує кореневу систему

Краплинного зрошення	Крапельне зрошення – це високоточна система, де поживний розчин подається безпосередньо до кореневої зони через мережу трубок і спеціальні форсунки (крапельниці). Подача рідини строго контролюється таймером та індивідуально налаштовується відповідно до фази росту рослин. Цей метод мінімізує втрати води та забезпечує ідеальне дозування елементів. У реверсивних системах надлишкова рідина збирається і повертається в резервуар для повторного використання, тоді як у нереверсивних системах насос налаштовують на подачу об'єму, який рослина встигає повністю спожити
Приливно-відливна	Приливно-відливна гідропоніка (також відома як Ebb and Flow) передбачає циклічне затоплення кореневої зони поживним розчином, яке відбувається згідно з графіком, встановленим на таймері. Коли час подачі минає, розчин під дією гравітації автоматично стікає назад у резервуар через зливні отвори. Цей процес повторюється кілька разів на добу. Однак, критичним недоліком системи є її висока залежність від енергопостачання: незаплановане вимкнення чи перепади електрики можуть серйозно погіршити ріст і розвиток рослин
Аeropоніка	Даний метод вирощує рослини в повітрі, де коріння обприскується живильним туманом. Система aeropоніки забезпечує надзвичайно високу концентрацію кисню навколо кореневої системи. Це, своєю чергою, покращує поглинання елементів і каталізує прискорений ріст рослин
Плавуча платформа або DWC	У цій системі рослини закріплюють на плавучих опорах (сітки, пінопласт), а їхнє коріння занурюють у розчин. Життєво необхідний кисень постачається у рідину за допомогою повітряного насоса
Техніка живильного шару	Цей метод передбачає розміщення рослин у каналах, якими тонкий шар живильного розчину постійно омиває коріння і стікає назад. Подача може бути безперервною або циклічною. Хоча циклічна подача покращує доступ кисню до коренів, вона вимагає більш складного керування

Гідропонний метод вирощування рослин має свої переваги та недоліки, знання яких є важливим для формування цілісного уявлення про можливості та обмеження цієї технології. До переваг гідропоніки належать висока продуктивність, економія простору та водних ресурсів, зменшення ризику

ураження шкідниками, можливість точного контролю поживних речовин, цілорічне вирощування культур та відсутність бур'янів. Водночас ця технологія вимагає врахування певних особливостей її застосування, що є важливим етапом підготовки до роботи з гідропонними системами.

До недоліків гідропонного методу належать кілька важливих аспектів, які слід враховувати під час організації вирощування рослин у таких системах. Передусім гідропоніка потребує значних початкових інвестицій, оскільки обладнання для створення ефективної системи – насоси, резервуари, освітлення та автоматизовані контролери – може бути досить дорогим, особливо у випадку використання високотехнологічних рішень, таких як аеропоніка або системи зі штучним освітленням. Крім того, гідропонні установки вимагають ретельного та постійного контролю, адже для нормального росту рослин необхідно регулярно відстежувати та коригувати рівень рН, концентрацію поживних речовин і загальний стан розчину. Технологія також характеризується високою залежністю від електроенергії, оскільки безперервна робота насосів, систем освітлення та контролю є необхідною умовою її ефективності. Ще одним недоліком є потреба у регулярному профілактичному очищенні системи: трубки та канали не повинні засмічуватися, адже це може порушити подачу розчину й призвести до погіршення стану рослин або зниження врожайності.

На відміну від ґрунтових методів, цей підхід до вирощування рослин характеризується низькою трудомісткістю та високим потенціалом для автоматизації. Крім того, він демонструє економію водних та енергетичних ресурсів (спільна риса з аеропонікою) і майже знецінює необхідність заходів боротьби з бур'янами.

Для того, щоб учні могли глибше зрозуміти принципи роботи гідропонних систем і підготуватися до подальшої проєктної діяльності, їм необхідно ознайомитися із сучасними системами управління мікрокліматом, оскільки ефективність вирощування рослин без ґрунту значною мірою залежить від здатності підтримувати стабільні параметри внутрішнього середовища, включаючи температуру, вологість, рівень освітленості та хімічний склад

поживного розчину. Саме тому важливо усвідомлювати, що автономна теплиця являє собою комплекс технічних рішень, які забезпечують безперервний моніторинг і регулювання зазначених показників, що у свою чергу дозволяє створювати умови, максимально наближені до ідеальних для росту та розвитку культурних рослин.

Реалізація часткової або повної автоматизації процесів підтримання мікроклімату не лише сприяє інтенсивнішому росту рослин і збільшенню врожайності, але й суттєво зменшує потребу в ручній праці, що є особливо важливим для сучасних тепличних виробництв, у яких виникає об'єктивна необхідність посилення механізації та автоматизації всіх технологічних операцій. У широкому розумінні система управління розглядається як сукупність взаємопов'язаних процесів та об'єктів, які спільно забезпечують оптимальне функціонування теплиці, а узагальнена мета впровадження автоматизованих засобів полягає у максимальному підвищенні ефективності використання потенційних можливостей створеного середовища.

Сучасні тепличні комплекси можуть бути оснащені трьома основними типами систем управління мікрокліматом, які відрізняються ступенем втручання людини та рівнем технологічної складності. Перший тип, що передбачає ручне керування, ґрунтується на постійному візуальному контролі за станом рослин, самостійному регулюванні температурного режиму, освітлення та поливів, що не лише потребує значних часових витрат, але й створює високу ймовірність людської помилки, яка може негативно позначитися на точності підтримання оптимальних параметрів. Другий тип, представлений частково автоматизованими системами, поєднує ручні операції з окремими автоматизованими функціями, що дозволяють знизити трудомісткість процесів, пов'язаних із подачею води або контролем окремих показників, проте залишають певну залежність від діяльності людини. Третій тип, а саме повністю автоматизовані системи, включає високотехнологічні установки, оснащені широким спектром датчиків і контролерів, здатних у режимі реального часу реагувати на зміни кліматичних умов усередині теплиці на основі принципу

зворотного зв'язку, що забезпечує високу точність керування, хоча й потребує значних фінансових витрат на впровадження та обслуговування.

На уроках технологій розглянемо, практичний навчальний інструментарій, що можна використати з метою дослідження та розробки навчального проєкту із вивчення ефективності автоматизованої гідропонної системи для оптимізації тепличного виробництва.

Вивчення гідропоніки та її автоматизації є винятково привабливим для інтеграції у навчальний процес, оскільки це перетворює уроки технологій на справжні інженерні лабораторії та дозволяє учням перейти від теорії до практичного створення інноваційних систем. Ця тема створює ідеальний STEM-полігон, де учні застосовують знання з різних дисциплін: у сфері інженерії та конструювання вони проєктують і виготовляють каркаси для міні-гідропонних установок; у сфері інформатики та програмування – пишуть алгоритми та програмний код для мікроконтролерів (таких як Arduino), щоб автоматизувати подачу поживного розчину та керувати освітленням; а у сфері електроніки – опановують підключення та калібрування сенсорів (рН, температури, вологості), створюючи власну систему зворотного зв'язку та управління. Ця проєктна діяльність дозволяє школярам отримати практичний досвід управління складними технологічними процесами та сформувати навички, необхідні для майбутніх професій, а також розвинути екологічну свідомість через розуміння раціонального використання водних ресурсів та мінімізації пестицидів.

Проєкт «Розумна теплиця» можна використовувати як індивідуальний так і груповий. Для виконання цього проєкту учнів необхідно забезпечити базовими матеріалами та обладнанням, такими як Arduino Uno, датчик температури DHT22, датчик вологості, датчик освітлення, водяний насос 5V, LED-лампа для рослин, вентилятор, дерев'яні рейки, прозора плівка, ємність для води, трубки та з'єднувачі, горщики та керамзит.

Учні повинні мати мінімальні знання з біології (будова та потреби рослин), а також володіти базовими практичними навичками роботи з інструментами, щоб успішно реалізувати проєкт.

Якщо проєкт виконується в групі, важливо правильно розподілити обов'язки між учнями, щоб кожен мав свою зону відповідальності, а робота була організована ефективно. Це вчить дітей командній взаємодії та плануванню спільної діяльності, знаходити та обробляти інформацію теоретичну, вчить відповідати за свою частину роботи, презентувати проєкти, розширює коло інтересів, знань, умінь та навичок в сфері гідропоніки.

Висновки та перспективи подальших пошуків у напрямі дослідження.

Тепличне господарство визнається найефективнішим напрямом інтенсифікації рослинництва, особливо в кліматичних умовах України, оскільки забезпечує стабільність та високу якість урожаю. Його ефективність суттєво зростає завдяки впровадженню гідропоніки – безґрунтової технології, яка, попри початкові високі витрати на обладнання та залежність від електроенергії, пропонує значні переваги: високу продуктивність (до 25% швидше дозрівання), раціональне використання води та мінімізацію шкідників. Критична потреба гідропоніки у ретельному контролі рН та поживних речовин робить її ідеальною для автоматизації, де повністю автоматизовані системи управління мікрокліматом (на базі принципу зворотного зв'язку) необхідні для підвищення загальної ефективності та зниження трудомісткості процесу. Інтеграція цих технологій має винятковий освітній потенціал, перетворюючи уроки технологій на практичний STEM-полігон, зокрема, проєкт «Розумна теплиця» дозволяє учням набути інтегрованих знань з програмування мікроконтролерів (Arduino), електроніки та агрохімії, формувати інженерне мислення, розвивати навички командної роботи та оволодівати практичними аспектами створення високотехнологічних систем.

Список використаної літератури:

1. Бойко М.О. Інноваційні методи вирощування рослин без ґрунту. *Сучасні вектори розвитку аграрної науки*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон–Кропивницький, 2024). Херсон–Кропивницький, 2024.
2. Гідропоніка: що це за метод і для чого потрібен фермеру? AgroApp. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/gidroponika-shho-ce-za-metod-i-dlya-chogo-potriben-fermeru/>
3. Замрозович-Шадріна С.Р., Юденкова О.П., Антошук С.В. Навички майбутнього в процесі професійної підготовки майбутніх фахівців: як цифровізація змінює вимоги до освіти.

Актуальні питання гуманітарних наук. 2024. Вип. 71 (2). С. 216–221. DOI: <https://doi.org/10.24919/2308-4863/71-2-33>.

4. Ляшенко О.І. STEM як освітня галузь Нової української школи. *«STEAM-освіта: від теорії до практики»*: матеріали конференції (Київ, 12-14 червня 2024 року). Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2024. С. 11-14

5. Нагорняк С.В., Лісіна Л.О. Впровадження STEM-освіти в українських школах: іноземний досвід та можливості адаптації. *Актуальні питання у сучасній науці* (Серія «Педагогіка», Серія «Право», Серія «Економіка», Серія «Державне управління», Серія «Техніка», Серія «Історія та археологія»): журнал. Випуск № 11 (29). Київ: ФОП Жукова І.В., 2024. С. 981-991. [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-11\(29\)-981-991](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2024-11(29)-981-991)

6. Рижко В.В. Розробка системи моніторингу та керування вологісно-температурними режимами теплиці для сфери побуту: кваліфікаційна робота бакалавра. Факультет інженерії, транспорту та архітектури, Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем. Хмельницький: Хмельницький національний університет, 2025.

7. Шапошник А.С. Прототип апаратного забезпечення розумної теплиці: кваліфікаційна робота бакалавра. Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки, Кафедра комп'ютерних та інформаційних технологій і систем. Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021.

Відомості про авторів:

Бантис Вікторія Володимирівна – студентка III курсу бакалаврату факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, тел. +380666320688, e-mail: bantisviktoria@gmail.com.

Карєва Катерина Віталіївна – студентка III курсу бакалаврату факультету інформаційних технологій, математики та природничих наук Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, тел. +380500697499, e-mail: 11041672@cuspu.edu.ua.