

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Фізико-математичний факультет
Кафедра інформатики та прикладної математики

Розробка позашкільного курсу з основ Інтернету речей

Кваліфікаційна робота студента
групи Ім-24
ступінь вищої освіти «магістр»
спеціальності 014 Середня освіта
(Інформатика)
Правицького **Станіслава**
В'ячеславовича

Керівник: доц., к. ф.-м.н.
Мерзликін Павло Володимирович

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Правицький Станіслав В'ячеславович, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.



ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПОЗАШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ	7
1.1. Загальний огляд системи позашкільного навчання в Україні	7
1.2. Огляд наявних програм позашкільної освіти, пов'язаних з вивченням основ інтернету речей	12
1.3. Вимоги до позашкільного курсу з основ інтернету речей	19
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПОЗАШКІЛЬНОГО КУРСУ З ОСНОВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	22
2.1. Вибір апаратного забезпечення	22
2.2. Проектування змісту позашкільного курсу з основ інтернету речей	29
2.3. Апробація створеного курсу	33
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	43

ВСТУП

Цифрові технології швидко змінюють спосіб організації праці, побуту й суспільних сервісів, а отже — і запит до освіти. Сьогодні важливо готувати молодь не лише до користування готовими рішеннями, а й до їхнього створення та осмислення. Це потребує розвитку інженерного мислення, уміння працювати з даними й розуміння того, як цифрові системи взаємодіють із реальним світом.

Одним із найпомітніших технологічних напрямів сучасності є Інтернет речей. Він ґрунтується на поєднанні фізичних пристроїв із програмною логікою та мережевими сервісами, завдяки чому пристрої можуть збирати дані, передавати їх, реагувати на події і керувати процесами. IoT-рішення стають основою автоматизації в промисловості, енергетиці, міській інфраструктурі, екологічному моніторингу, транспорті та побуті. Тому формування в учнів базових IoT-компетентностей є важливою передумовою для їхньої готовності до технологічних викликів найближчих років.

Позашкільна освіта є природним середовищем для освоєння інженерних і цифрових технологій, адже спирається на практику, творчість і проєктну діяльність. Гуртки вже забезпечують учням досвід роботи з мікроконтролерами, датчиками, електронними модулями та програмуванням. Водночас аналіз діючих програм показує, що мережевий компонент, який робить пристрій частиною IoT-системи, часто подається фрагментарно. Це знижує цілісність підготовки й не дає учням пройти повний шлях від автономного прототипу до мережевої «розумної» системи. Отже, виникає потреба у спеціалізованому позашкільному курсі, що інтегрує апаратний, програмний і мережевий рівні в єдину освітню логіку.

Ефективність такого курсу значною мірою залежить від апаратної платформи. Для IoT-навчання потрібен мікроконтролер, у якому мережеві можливості є вбудованими і доступними на ранніх етапах роботи. Порівняння освітніх рішень показує доцільність використання ESP32: плата має інтегровані Wi-Fi і Bluetooth, достатню продуктивність для одночасної роботи з сенсорами і мережею, підтримує популярні середовища програмування та легко

масштабується під різні гурткові проєкти. Це дозволяє будувати навчання від простих систем зчитування даних до їх передавання в мережу і віддаленого керування пристроями.

Актуальність роботи визначається трьома взаємопов'язаними чинниками. По-перше, Інтернет речей став базовою технологією багатьох сучасних сфер, тож його основи мають бути присутніми в позашкільній підготовці. По-друге, чинні гурткові програми лише частково охоплюють мережевий аспект IoT, що створює розрив між наявними навичками учнів і реальними потребами технологічного середовища. По-третє, умови нестабільних ресурсів і поширення змішаного навчання вимагають курсів, де практичні результати можна демонструвати й розвивати також онлайн — і IoT-проєкти природно відповідають цій потребі.

Об'єктом дослідження є процес навчання інформатики учнів у системі позашкільної освіти.

Предметом дослідження є зміст і методичні засади позашкільного курсу з основ Інтернету речей, спрямованого на створення учнями IoT-прототипів.

Метою кваліфікаційної роботи є теоретичне обґрунтування та практична розробка позашкільного курсу з основ Інтернету речей на базі ESP32.

Для досягнення мети визначено такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан і специфіку позашкільної освіти в Україні;
- дослідити наявні програми позашкілля, дотичні до IoT, і встановити їхні компетентнісні межі;
- сформулювати вимоги до позашкільного курсу з основ Інтернету речей;
- порівняти освітні мікроконтролерні платформи та обґрунтувати вибір ESP32;
- спроектувати модульний зміст курсу з поетапним переходом до мережевих IoT-систем;
- визначити підходи до організації занять і оцінювання результатів навчання.

Наукова новизна роботи полягає у створенні для позашкільної освіти

цілісної моделі курсу, де Інтернет речей подано як інтегровану технологію, а навчання вибудовано навколо послідовного поєднання сенсорики, програмної логіки та мережевої взаємодії. Також обґрунтовано дидактично доцільний вибір платформи ESP32 як основи для раннього включення учнів у мережеві проекти.

Практичне значення результатів полягає в розробці готового позашкільного курсу, придатного для впровадження в гуртках і STEM-просторах. Курс має модульну структуру, орієнтується на практичні завдання різної складності та допускає очний і змішаний формати. Навчальний сайт курсу забезпечує зручний доступ до матеріалів і підтримує самостійну роботу учнів між заняттями.

Таким чином, тема роботи є актуальною й практично значущою, оскільки спрямована на оновлення позашкілля через системне введення IoT-напрямку. Запропонований курс дозволяє учням пройти повний цикл створення «розумної» системи — від датчика і мікроконтролера до мережевого прототипу — та формує компетентності, потрібні для подальшого навчання й майбутньої професійної реалізації в цифровому світі.

РОЗДІЛ 1 ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ВИКЛАДАННЯ ОСНОВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ПОЗАШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ

1.1. Загальний огляд системи позашкільного навчання в Україні

Сучасний розвиток українського суспільства відбувається в умовах стрімких трансформацій, зумовлених глобалізацією, цифровою модернізацією й посиленням ролі знань у соціально-економічному поступі. У новітніх працях науковців Національної академії педагогічних наук України підкреслено, що серед ключових орієнтирів сучасної освіти є формування компетентної та соціально активної особистості: одним із найактуальніших завдань сучасної освіти і виховання в Україні є створення умов для формування людини-громадянина, а громадянська освіта має на меті підготовку молоді до активної участі в житті демократичного суспільства і формування її громадянської компетентності [1, с. 72–73]. Відтак освіта в Україні дедалі виразніше спрямовується на розвиток відповідального громадянина, здатного до гнучкого мислення, суспільної взаємодії та ефективної діяльності в умовах багатовекторних викликів XXI століття.

Глобалізаційні процеси суттєво впливають на функціонування освітньої системи України, зокрема й на позашкільну освіту, оскільки інтеграція у світовий освітній та технологічний простір підсилює попит на сучасні інженерні й цифрові компетентності учнівської молоді. На офіційному ресурсі Українського державного центру позашкільної освіти підкреслено, що серед пріоритетів STEM-орієнтованого позашкільля є формування навичок розв'язання складних практичних проблем, критичного мислення, а також розвиток технологічних і творчих якостей вихованців [2]. УДЦПО окремо наголошує, що система позашкільної освіти може слугувати ресурсом у формуванні STEM (зокрема IT) навичок здобувачів освіти, що прямо пов'язує позашкільні гуртки з підготовкою до сучасних технологічних напрямів, включно з Інтернетом речей [2]. Водночас зазначається орієнтація позашкільля на інтернаціоналізацію й запозичення кращих світових практик через впровадження найсучаснішого

досвіду та світових здобутків STEM-освіти [2]. Разом із цим у новітньому аналітичному дослідженні Інституту освітньої аналітики (2025) підкреслено, що позашкільна освіта відіграє важливу роль у формуванні компетентностей дітей і забезпечує вільний розвиток особистості відповідно до інтересів і здібностей [3, с. 67]. Саме позашкільна освіта створює гнучке середовище для швидкого оновлення змісту навчання відповідно до глобальних технологічних трендів, що є визначальним для впровадження позашкільного курсу з основ Інтернету речей у межах науково-технічного (STEM/IoT) напрямку.

Важливим концептом сучасної педагогіки є гуманізація освіти, яка передбачає визнання унікальності особистості, розвиток її творчого потенціалу та формування ціннісного ставлення до навчання. У наукових матеріалах НАПН України наголошується, що гуманізація освіти є одним із нових соціально-педагогічних принципів, який відображає спрямованість розвитку освіти на гуманні стосунки в суспільстві як загальнолюдську цінність [4, с. 1]. Саме позашкільна освіта створює найбільш сприятливі умови для реалізації цієї гуманістичної парадигми, оскільки забезпечує добровільність участі, творчу самореалізацію і право вибору освітнього шляху. У Типовій освітній програмі закладу позашкільної освіти підкреслено, що вона є засобом забезпечення реальних умов для вибору індивідуальної траєкторії розвитку дитини [5, с. 1]. Позашкільне навчання виступає ефективним простором гуманізації освіти, де учні можуть розвивати здібності та інтереси через практикоорієнтовану і творчу діяльність.

Особливу роль у розвитку позашкільної освіти відіграє цифровізація, яка стала невід'ємною частиною соціально-економічного розвитку країни. У методичних рекомендаціях щодо цифрової освіти в закладах позашкільної освіти зазначено, що цифрова трансформація освіти є невід'ємною частиною сучасного розвитку суспільства, а застосування цифрових технологій у ЗПО відкриває величезні можливості для вдосконалення освітнього процесу [6, с. 2]. Підкреслюється, що цифрові інструменти забезпечують гнучкість навчання, індивідуалізацію освітніх траєкторій вихованців і сприяють розвитку

інноваційних компетенцій [6, с. 2]. Унаслідок цього такі напрями, як робототехніка, програмування, електроніка, 3D-моделювання та основи Інтернету речей, стають базовими складниками позашкільної технічної творчості, формують інженерне мислення і підтримують ранню професійну орієнтацію учнів.

Система позашкільної освіти в Україні функціонує відповідно до Закону України «Про позашкільну освіту», який визначає державну політику у цій сфері та встановлює правові, організаційні й фінансові засади діяльності позашкільних закладів [7]. Закон закріплює право кожної дитини на розвиток здібностей у позашкільному середовищі, а також орієнтує позашкільну освіту на формування творчого потенціалу, соціальної активності та професійної спрямованості вихованців [7].

У контексті стратегічного реформування галузі МОН у 2025 році оприлюднило для громадського обговорення проєкт «Концепції розвитку позашкільної освіти» до 2030 року, що має на меті системну модернізацію позашкільної освіти та визначення ключових напрямів його подальшого розвитку [8]. Проєкт акцентує потребу в оновленні змісту позашкільних програм, підвищенні їх якості та доступності, а також адаптації до сучасних суспільних і технологічних викликів, серед яких цифрова трансформація та посилення STEM-складової навчання [8]. Це створює нормативно-стратегічне підґрунтя для розробки сучасних технічних курсів, зокрема позашкільного курсу з основ Інтернету речей.

Повномасштабне вторгнення РФ стало одним із наймасштабніших потрясінь для української освітньої системи. Офіційні матеріали МОН щодо функціонування освіти у воєнний час фіксують втрати та пошкодження освітньої інфраструктури, скорочення мережі закладів у громадах, що зазнали бойових дій, а також ускладнення доступу дітей до освітніх послуг через безпекові ризики і вимушені переміщення учасників освітнього процесу [9]. Технічні гуртки опинилися серед найбільш постраждалих напрямів через руйнування матеріальної бази, втрату обладнання та обмежений доступ дітей до

безпечних освітніх просторів.

Водночас війна стимулювала швидку цифрову трансформацію позашкілля. У фаховій аналітиці Інституту освітньої аналітики підкреслено, що для збереження стійкості системи позашкільної освіти у воєнний період необхідно впроваджувати педагогічні технології у дистанційному й змішаному режимах навчання та шукати нові формати роботи закладів позашкілля [10, с. 81]. Це пояснює активний перехід технічних гуртків до онлайн/змішаних моделей, використання віртуальних лабораторій, симуляторів і хмарних платформ для програмування, робототехніки та IoT-напрямів [10, с. 81–82].

Паралельно з освітніми викликами війни посилюється суспільний запит на технічні та цифрові компетентності. У звіті Київської школи економіки (2024) наголошено на дефіциті інженерних кадрів та високому попиті на фахівців технічного й IT-профілю [11, с. 1–6]. Також у документі підкреслюється прогнозоване зростання потреби в інженерах у високотехнологічних напрямках, пов'язаних із цифровими системами й безпекою [11, с. 11]. Це підсилює актуальність раннього залучення дітей до технічної творчості у позашкільних умовах і робить гуртки з основ Інтернету речей важливим освітнім інструментом формування компетентностей для професій майбутнього.

У проєкті «Концепції розвитку позашкільної освіти (2025–2030)» МОН подано аналітичний огляд сучасного стану позашкілля. На основі цього огляду доцільно узагальнити оцінку системи за моделлю SWOT. До сильних сторін позашкільної освіти віднесено наявність в Україні розгалуженої мережі закладів різних профілів і типів, гуманістичну орієнтацію навчання та підтримку варіативних освітніх траєкторій розвитку дітей. Серед слабких сторін окреслено нерівномірність ресурсного забезпечення між громадами, кадровий дефіцит у технічних напрямках, а також застарілість або недостатність матеріально-технічної бази, що ускладнює розвиток сучасних цифрових програм, зокрема у сферах електроніки та Інтернету речей [12, с. 5–8].

Серед можливостей розвитку позашкільної освіти визначено подальшу цифровізацію освітнього середовища та масштабування дистанційних і

змішаних форматів навчання. Це створює умови для оновлення змісту позашкільних програм і розширення технічних/STEM-гуртків у різних регіонах. Водночас до загроз віднесено наслідки війни (руйнування і пошкодження інфраструктури, безпекові ризики), фінансові обмеження територіальних громад та ризик втрати педагогічних кадрів, а також скорочення контингенту вихованців у прифронтових і депопуляційних регіонах через міграційні процеси, що може посилювати освітню нерівність між громадами [12, с. 6–8].

Позитивним ресурсом посилення технічного сегмента позашкілля виступає державна підтримка STEM-освіти: у методичних рекомендаціях ІМЗО на 2024/2025 н. р. підкреслено пріоритетність розвитку STEM-напрямів у закладах позашкільної освіти, що стимулює оновлення змісту технічних гуртків і розроблення нових програм, зокрема з IoT та електроніки [13].

Таблиця 1.1 — Основні нормативно-правові акти, що регулюють позашкільну освіту (ред. 2024–2025)

Документ	Зміст
Закон України «Про позашкільну освіту» (чинна ред. 2025)	Закріплює, як має працювати система позашкільної освіти в Україні: визначає її призначення, основні принципи, права учнів і батьків, а також загальні правила діяльності закладів і програм.
Концепція розвитку позашкільної освіти (2025–2030) : проєкт МОН	Описує бачення оновлення позашкілля на найближчі роки: куди має рухатися система, які зміни потрібні в організації, змісті програм і ресурсах, з акцентом на цифрові рішення та технічні/STEM-напрями.
Методичні рекомендації щодо	Дає практичні орієнтири для

цифрової освіти в закладах позашкільної освіти (2024)	впровадження цифрових інструментів у позашкільлі: як організовувати навчання з використанням онлайн/змішаних форматів, платформ і технологій у технічних гуртках.
Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 н. р. (ІМЗО)	Пояснює, як розвивати STEM у позашкільній сфері та чому це важливо: документ орієнтує заклади на формування інженерних і цифрових умінь через сучасні технічні курси й гуртки.

Система позашкільної освіти України демонструє значний потенціал розвитку, незважаючи на складні виклики сьогодення. Глобалізація, цифровізація та суспільні трансформації стимулюють модернізацію позашкільного простору, роблять його важливою складовою підготовки технологічно грамотного молодого покоління. Війна негативно вплинула на інфраструктуру позашкільля, однак сприяла швидкій цифровій адаптації й розвитку дистанційних форматів технічних програм. Аналіз ринку праці підкреслює критичну потребу у фахівцях технічних галузей, зокрема IoT-сфери, а SWOT-оцінка показує, що розвиток технічних гуртків є стратегічно важливим напрямом для України.

1.2. Огляд наявних програм позашкільної освіти, пов'язаних з вивченням основ інтернету речей

Сучасний етап розвитку технічної позашкільної освіти дедалі тісніше пов'язується з технологіями, що формують цифрову інфраструктуру XXI століття. Інтернет речей належить саме до таких технологій: він швидко входить у побут, виробництво, міське середовище, транспорт і сферу послуг.

Для молоді це вже не «футуристична» тема, а частина повсякденної реальності — від розумних гаджетів до автоматизованих систем у школах, лікарнях чи на підприємствах. Тому поява позашкільних навчальних програм, орієнтованих на IoT, є відповіддю на зміну технологічного середовища, у якому зростають сучасні діти.

На відміну від традиційних технічних гуртків, які часто зводилися до окремих видів конструювання або роботи з певним типом техніки, IoT-орієнтоване навчання вимагає системного підходу. Дитина має бачити не просто окремий пристрій, а цілу «розумну» систему: як вона збирає дані, як реагує на події, як підключається до мережі та взаємодіє з іншими пристроями. Через це інтеграція IoT у позашкілля створює умови для формування інженерного мислення нового типу — такого, що поєднує апаратну частину, логіку керування і розуміння даних.

У навчальному посібнику КПП ім. Ігоря Сікорського IoT визначено як глобальну мережу підключених до Інтернету речей — пристроїв, оснащених сенсорами [14, с. 8]. Це означає, що Інтернет речей варто трактувати не як окремий гаджет чи програму, а як мережеву екосистему пристроїв, здатних «відчувати» середовище. Саме наявність сенсорів і взаємодія між вузлами робить такі системи принципово іншими порівняно з традиційними електронними або робототехнічними конструкціями. У контексті позашкільної освіти це підкреслює важливість навчати дітей не лише збирати пристрої, а й проєктувати їх як елементи мережі.

Посібник також наголошує, що IoT-пристрої можуть обмінюватися даними з метою віддаленого моніторингу [14, с. 8]. Тобто ключова цінність Інтернету речей у тому, що система сама збирає інформацію, аналізує її і дає змогу керувати об'єктами дистанційно. Відповідно, IoT-курс у позашкіллі має формувати два рівні компетентностей: по-перше, роботу з апаратною частиною (сенсори, контролери, виконавчі модулі), по-друге — розуміння мережевих і програмних механізмів (передавання даних, протоколи, елементи хмарних сервісів). Без цього IoT залишатиметься для учнів лише «розумною іграшкою»,

а не сучасною інженерною платформою.

Наявні програми науково-технічного напрямку створюють для цього базу через суміжні гуртки. У збірнику навчальних програм позашкільної освіти за науково-технічним напрямом зазначено, що в ньому представлено програми таких профілів: початково-технічного, спортивно-технічного, предметно-технічного [15]. Такі профілі охоплюють гуртки, де діти працюють із конструюванням, електронікою, робототехнікою та програмуванням. Саме ці напрями формують попередні уміння, необхідні для IoT: розуміння роботи датчиків, навички складання прототипів, базове програмне керування та досвід практичних проєктів. Попри те що ці програми не завжди містять мережевий компонент, вони дають нижній рівень IoT-архітектури — апаратно-сенсорну та алгоритмічну основу.

Актуальність створення позашкільного курсу з основ Інтернету речей визначається двома взаємопов'язаними чинниками. Перший — це реальне технологічне проникнення IoT у всі сфери життя, що підвищує потребу в ранньому формуванні відповідних компетентностей. Другий — це наявність у позашкільній вже діючої мережі технічних програм, які можна використати як стартову платформу для спеціалізованого IoT-курсу. Такий курс має логічно продовжувати робототехнічні, електронні й програмувальні гуртки, але доповнювати їх мережевими технологіями, обробкою даних і практикою створення «розумних» систем повного циклу.

Суміжні за змістом програми робототехнічного спрямування у позашкільній освіті відіграють роль технічної бази для майбутнього IoT-курсу. Вони вчать дітей працювати з електронними компонентами, збирати функціональні пристрої та керувати ними за допомогою коду. На цьому етапі формується критично важлива основа: розуміння того, як фізичний об'єкт «оживає» завдяки сенсорам, контролеру й алгоритму.

Водночас IoT-навчання має власну специфіку: будь-який «розумний» прототип у підсумку повинен виростати в мережеву систему, що обмінюється даними. Саме тому робототехнічні гуртки не замінюють IoT-курс, але логічно

передують йому, готуючи учнів до роботи з апаратною частиною, автоматикою та локальним керуванням.

Програма «Основи робототехніки на платформі Arduino» демонструє цю підготовчу роль через конкретні тематичні блоки й обладнання. У навчально-тематичному плані передбачено опрацювання сенсорики, зокрема роботу з ультразвуковим сонаром HC-SR04, цифровим датчиком температури та вологості DHT11, інфрачервоними сенсорами й OLED-дисплеєм [16, с. 3]. Такий перелік не випадковий: він формує в учнів навички роботи саме з тими компонентами, на яких будуються початкові IoT-пристрої.

Далі програма переходить до логіки автоматизації та проєктності: її зміст включає теми «Шлях до автоматизації» та «Проектна діяльність» у розділі про автономні Arduino-роботи [16, с. 3]. Це природна освітня траєкторія від компонентів до системи, коли дитина спершу навчається зчитувати дані з датчиків і керувати модулями, а потім застосовує ці вміння для створення власного працездатного прототипу «розумного» пристрою.

Сучасні рамки технічної підготовки школярів закріплено і в модельних програмах МОН НУШ. У програмі «Робототехніка. 7–9 класи» підкреслено, що учні мають здобувати досвід роботи з мікроелектронікою, «розумними пристроями» та датчиками, а також програмуванням [17, с. 2]. Фактично держава визначає сенсорні системи й цифрові пристрої як обов'язкове поле технічної грамотності, що безпосередньо узгоджується з логікою IoT-освіти у позашкільлі.

Порівняння Arduino-програми з модельною робототехнікою показує послідовний шлях входження в IoT: спочатку — сенсорика, мікроконтролер, керування локальною моделлю, далі — складніші інтеграційні проєкти. Однак у наявних програмах майже немає переходу від автономного пристрою до мережевого рівня (передавання даних, хмарні сервіси, IoT-протоколи). Через це спеціалізований IoT-курс має природно надбудовуватися над чинними гуртками, розширюючи їх зі збереженням загальної логіки навчання.

Методологічний каркас для такого розширення задає міжгалузевий курс

«STEM. 7–9 класи», який орієнтує навчання на розв’язання проблем через комплексне застосування знань з різних освітніх галузей [18, с. 2]. Для IoT-курсу це принципово, бо інтернет речей у STEM-проектах виступає інструментом реального експерименту, моніторингу та автоматизації, а не ізольованою темою про датчики. Подібну проектно-дослідницьку логіку підтримують і програми МАН України з комп’ютерних наук, де акцентовано прикладний характер гуртків і роботу учнів із проектуванням цифрових систем [19, с. 2], що створює додатковий освітній простір для IoT-проектів як дослідницьких і практико-орієнтованих.

Хоча дослідницькі програми Малої академії наук України не виглядають технологічними гуртками у звичному майстерневому сенсі, для IoT-підготовки вони мають фундаментальне значення. Інтернет речей — це не тільки сенсори, контролери та прототипи, а мережево-інформаційна система, у якій дані збираються, передаються, аналізуються й стають підставою для керування процесами. Тому без інтелектуальної підготовки в сфері інформаційних систем і даних технічна IoT-освіта залишається неповною.

Педагогічно важливо, що позашкілля вже має дві паралельні освітні лінії, які в сукупності охоплюють більшість компетентностей Інтернету речей. Перша — інженерно-технічна, де дитина збирає пристрій, підключає датчики та програмує його поведінку. Друга — дослідницько-аналітична, де дитина вчиться ставити гіпотези, будувати інформаційні моделі, пояснювати мережеві взаємодії та працювати з даними. Утім ці лінії здебільшого не синхронізовані в межах однієї програми, що й формує потребу у спеціалізованому IoT-курсі.

Сама місія МАН орієнтована на розвиток дослідницьких компетентностей учнів і їх залучення до сучасних наукових напрямів, що прямо зафіксовано в офіційних матеріалах МОН про діяльність центру [20]. Для IoT-контексту це принципово, бо мережеві системи потребують уміння збирати дані, перевіряти їх коректність, аналізувати зміни в часі та робити обґрунтовані висновки, які потім перетворюються на інженерні рішення.

Якщо узагальнити зміст суміжних технічних і дослідницьких програм,

можна виокремити кілька груп IoT-компетентностей, що формуються у позашкільлі. Перша — апаратно-сенсорна компетентність, яка охоплює роботу з мікроконтролером, підключення сенсорів, зчитування фізичних показників і керування виконавчими пристроями. Вона забезпечує стартову інженерну основу IoT — створення локального «розумного» прототипу.

Друга — алгоритмічно-програмна компетентність. Її зміст полягає у вмінні писати й налагоджувати код для зчитування даних, керування режимами роботи пристрою та реалізації автоматичних реакцій на показники сенсорів. Саме програмний компонент робить пристрій «інтелектуальним», тому ця компетентність є обов'язковою для будь-якого IoT-проєкту.

Третя — проєктно-інженерна компетентність, що означає здатність сформулювати практичну проблему, обрати інструменти, спланувати етапи роботи, створити прототип, протестувати його й презентувати результат. У позашкільлі саме проєктна культура дозволяє перетворювати окремі технічні знання на завершені прикладні системи.

Четверта — мережево-інформаційна компетентність. Вона охоплює розуміння принципів мереж, передавання даних, логіки інформаційних систем і того, як автономний пристрій стає частиною розподіленої IoT-мережі. Нормативні й аналітичні матеріали з цифрової трансформації освіти підкреслюють стратегічну важливість розвитку цифрових компетентностей через поєднання технічних умінь і роботи з інформацією [21]. Для IoT це означає необхідність навчати дітей не лише «збирати», а й пояснювати шлях даних від сенсора до сервісу та назад до керування.

П'ята, наскрізна група — цифрово-безпекова компетентність. У мережах пристроїв завжди існують ризики витоку даних, підміни сигналів або втручання в керування, тому IoT-освіта має включати основи відповідального і безпечного користування цифровими технологіями. У матеріалах МОН про безпеку дітей в Інтернеті підкреслюється пріоритет формування в учнів практик безпечної взаємодії з цифровим середовищем [22], і це напряду стосується IoT-мереж, де безпека є частиною інженерного мислення.

Отже, наявні програми позашкілля й МАН вже формують більшість потрібної компетентісної основи Інтернету речей, але роблять це фрагментарно: технічні гуртки дають апаратно-програмний і проєктний рівні, а дослідницькі напрями — мережевий, даний і аналітичний. Слабке місце полягає в тому, що ці компоненти не поєднані в єдиній освітній траєкторії. Саме тому спеціалізований позашкільний курс з основ IoT потрібен як інтеграційна рамка, що збирає наявні елементи в системне навчання від сенсора і контролера до мережі, даних і безпеки.

Другою проблемною зоною при запровадженні позашкільного курсу з основ Інтернету речей є ресурсно-кадрове забезпечення. IoT-навчання за своєю природою міждисциплінарне: педагог має одночасно орієнтуватися в апаратних платформах і сенсорах, у програмуванні мікроконтролерів та в мережевих/хмарних механізмах передавання даних. У багатьох громадах технічне позашкілля тримається на фахівцях вузького профілю (робототехніка, електроніка або програмування окремо), через що інтегровані курси запускаються повільно або взагалі не виникають. Додається й матеріальний чинник: для IoT потрібні хоча б мінімальні набори сенсорів, контролери, стабільний доступ до інтернету й безпечне середовище роботи з технікою.

Водночас державна й методична база дає реальні можливості для поступового подолання цього дефіциту. У методичних рекомендаціях ІМЗО щодо розвитку STEM-освіти на 2024/2025 н. р. підкреслено, що STEM-напрямок є пріоритетним для закладів загальної середньої та позашкільної освіти, а розвиток такого напрямку прямо пов'язується з оновленням змісту й підвищенням кваліфікації педагогів [23]. Для IoT-курсу це означає, що вчитель може не «вигадувати з нуля», а спиратися на державні рамки STEM/технічної творчості й добирати з них готові модулі під власний формат гуртка.

Додаткову підтримку забезпечує й профільна методична робота УДЦПО. У рекомендаціях центру зазначено, що вони підготовлені у відповідь на запити керівників і педагогів позашкільних закладів науково-технічного напрямку [24]. На практиці це створює канал для уніфікації й розширення технічних програм:

IoT-курс може бути надбудовою над чинними STEM/робототехнічними гуртками, а педагог — підвищувати компетентність через адаптацію вже апробованих підходів і матеріалів, які центр пропонує для технічного позашкілля.

Третя зона пов'язана з віковою адаптацією змісту. Інтернет речей має широкий діапазон складності: від елементарних понять про сенсор і простий сценарій автоматизації — до роботи з мережевими протоколами, хмарними сервісами й питаннями кібербезпеки. Через це один «плоский» курс для всіх вікових груп буде або занадто складним для молодших, або занадто простим для старших. Раціонально будувати зміст ступенево: молодші працюють із найпростішими сенсорами та готовими бібліотеками, середні — вже проєктують локальні пристрої й вчаться передавати дані у мережу, старші — переходять до справжніх IoT-проєктів із хмарною обробкою і питаннями безпеки.

Така ступенева модель для позашкілля не є чимось новим: її легко вибудувати за логікою науково-технічних програм, де традиційно передбачено поетапне ускладнення завдань і довготривалі цикли навчання. Це дозволяє вписати IoT у стандартну дидактику гуртків: спочатку компетентність «збираю і керую пристроєм», потім «передаю дані і аналізую їх», далі «проєктую систему для реальної задачі». У результаті IoT-курс стає не «разовою темою», а стійкою траєкторією технічного розвитку учня.

Перспективи розвитку IoT-напряму в позашкільній освіті при цьому залишаються дуже значними. По-перше, дешевшають апаратні набори, а багато виробників і освітніх спільнот підтримують відкриті інструкції та бібліотеки. По-друге, IoT природно інтегрується з іншими позашкільними напрямками: екологічними проєктами (сенсорний моніторинг довкілля), енергетичними та агротехнологіями (автоматизований полив, облік ресурсів), технічним дизайном і навіть мистецькими STEM-проєктами. Через це Інтернет речей може стати рамкою, яка поєднує різні гуртки в спільну технологічну екосистему.

Підсумовуючи огляд програм і умов їх реалізації, можна стверджувати,

що в Україні вже є розвинене середовище технічних і цифрових гуртків, які формують базу для IoT-навчання, але ця база поки що розпорошена між різними профілями та форматами. Сильна сторона системи — практична інженерна підготовка й проєктна культура позашкілля, слабка — дефіцит кадрів широкого профілю та нестача мережевої складової в окремих програмах. Саме тому спеціалізований позашкільний курс з основ Інтернету речей потрібен як інтеграційний компонент, що з'єднає апаратний, програмний і мережевий рівні в цілісний навчальний маршрут.

1.3. Вимоги до позашкільного курсу з основ інтернету речей

На основі попередніх пунктів доцільно сформулювати вимоги до позашкільного курсу з основ Інтернету речей у вигляді цілісної системи, що задає його призначення, змістові орієнтири та організаційну логіку. Курс має розглядатися як інтегрований технічний практикум, у якому учні поступово проходять шлях від розуміння ідеї «розумного» пристрою до створення власних діючих прототипів, здатних збирати дані, взаємодіяти з середовищем і передавати інформацію мережею.

Мета курсу: позашкільний курс має допомогти учням увійти у світ Інтернету речей через зрозумілі приклади та практичні дії. Його мета — сформувати вміння бачити IoT як поєднання фізичних пристроїв і цифрових сервісів, а також навчити створювати прості «розумні» системи, які вимірюють параметри середовища, реагують на них і можуть взаємодіяти з користувачем через мережу. Водночас курс має підтримувати інтерес до технічної творчості, розвивати впевненість у роботі з технологіями та показувати учням, що цифрові рішення можуть бути корисними в щоденному житті й для відновлення країни.

Основні завдання курсу:

- Пізнавальні: забезпечити розуміння того, що таке IoT і чим воно відрізняється від звичайної електроніки або робототехніки; пояснити, як працює «розумний» пристрій із сенсорами, контролером і програмою; сформувати базові уявлення про дані, їхню роль у системі та про те, як пристрій стає

частиною мережі. Учні мають навчитися “читати” архітектуру простих IoT-рішень і розуміти, для чого потрібен кожен компонент.

- **Практичні:** навчити підключати сенсори й виконавчі модулі, запускати та змінювати керувальні програми, отримувати дані з середовища і використовувати їх для автоматичної реакції пристрою. Окрема увага має бути на елементарній мережевій дії — такій, яку реально освоїти в позашкільлі (наприклад, передати показники або віддалено подати команду). Також учні повинні отримати досвід перевірки роботи системи, пошуку причин “несправності” та її виправлення.

- **Творчі:** стимулювати учнів до власних ідей і технічних спроб, дозволяти їм обирати або уточнювати задачу для мініпроєкту, пропонувати варіанти реалізації, порівнювати рішення й удосконалювати прототип. Творчий результат курсу — авторський простий IoT-пристрій або система, яку учень може пояснити і показати в дії.

- **Соціальні:** розвивати досвід командної роботи над технічними задачами, навчити учнів працювати в групі з розподілом ролей і спільним тестуванням пристрою, формувати навички презентації й захисту власних рішень. Важливо також закласти відповідальне ставлення до технологій, бо IoT працює з даними, які можуть стосуватися людини чи довкілля.

Навчальні методи та форми роботи: Курс має реалізовуватися через поєднання короткої теоретичної підтримки і домінуючої практики. Теоретична складова подається у формі лаконічних пояснень, міні-лекцій або обговорень, які одразу підводять до конкретної дії. Практична робота становить основу кожного заняття і включає збірку схем, роботу з мікроконтролером, програмування, налагодження сенсорів, експериментування з режимами роботи та діагностику помилок. Дослідницька складова проявляється у проєктних задачах, де учні не просто повторюють інструкцію, а конструюють власний варіант рішення, перевіряють його, аналізують стабільність, точність вимірювань, ефективність алгоритму та роблять висновки щодо покращення.

Структура курсу: Курс повинен мати модульну побудову, де кожен модуль

завершується конкретним результатом і готує до наступного. Логіка модулів має відображати «зростання» IoT-системи:

Модуль 1. Вступ до Інтернету речей і прикладні ідеї.

Модуль 2. Перший розумний пристрій: мікроконтролер і базові підключення.

Модуль 3. Сенсори та прості сценарії автоматизації.

Модуль 4. Пристрій у мережі: мінімальний IoT-зв'язок.

Модуль 5. Підсумковий мініпроект IoT.

Вимоги до організації курсу: навчання має бути доступним для учнів з різним стартовим рівнем, тому кожний модуль має містити обов'язковий мінімум і варіант ускладнення для тих, хто працює швидше або вже має досвід технічних гуртків. Кожне заняття повинно завершуватися конкретним практичним результатом, який можна побачити або перевірити. Бажано організувати роботу в парах чи малих групах, щоб підтримувати взаємонавчання і командну проєктність. Курс має легко адаптуватися під умови закладу (наявне обладнання, час, формат занять), у тому числі допускати елементи змішаного навчання.

Очікувані результати: після завершення курсу учні мають розуміти, як влаштована проста IoT-система і для чого вона потрібна, уміти зібрати та запрограмувати сенсорний пристрій, налаштувати його автоматичну реакцію і реалізувати елементарну мережеву взаємодію. Результатом також має бути готовий учнівський мініпроект, що працює і має практичну ідею. Додатково очікується розвиток технічної впевненості, інженерного мислення, навичок роботи в проєкті та стабільної мотивації до сучасних технологій.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА ПОЗАШКІЛЬНОГО КУРСУ З ОСНОВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

2.1. Вибір апаратного забезпечення

Добір апаратної платформи для позашкільного курсу з основ Інтернету речей визначає не лише технічні межі майбутніх занять, а й дидактичну логіку навчання. У позашкільлі важливо, щоб учні швидко отримували практичний результат і водночас мали можливість поступово ускладнювати власні проєкти. Це відповідає компетентнісній та проєктній спрямованості сучасної позашкільної освіти, про яку йшлося в аналізі розділу 1.1–1.2: гурток має бути практикоорієнтованим, цікавим і таким, що дає учню досвід створення реальної технологічної системи, а не лише окремих електронних ефектів.

Для IoT-курсу апаратна платформа повинна забезпечувати «природну» присутність мережевої складової. Якщо мікроконтролер працює тільки автономно, то учень змушений сприймати Інтернет речей як щось додаткове й складне. Натомість платформа з вбудованими мережевими інтерфейсами дозволяє від самого початку формувати системне бачення: датчик → контролер → передача даних → сервіс/інтерфейс користувача. Саме тому для порівняння були відібрані найпоширеніші та доступні в освітньому середовищі плати: ESP32, Arduino Uno, Raspberry Pi Pico W, BBC micro:bit v2.

ESP32 позиціонується виробником як мікроконтролер для бездротових IoT-пристроїв, оскільки має інтегровані Wi-Fi та Bluetooth-модулі [25]. Це автоматично знімає типову для позашкільля проблему «доукомплектації» мережі. Учні можуть уже на перших заняттях побачити роботу з передачею даних або віддаленим керуванням, тобто одразу відчують, що створюють саме IoT-систему. Важливим для навчання є також те, що ESP32 має достатньо ресурсів для паралельних задач: одночасне зчитування сенсорів, обробка даних, керування виконавчими модулями та робота з мережею. Це відчутно розширює спектр навчальних проєктів і робить курс «довгограючим»: якщо гурток працює не один семестр, плата не стає «затісною» для складніших задумів.

Ще одна перевага ESP32 — висока універсальність периферії. Для позашкільного IoT-курсу це означає підтримку різних типів сенсорів (аналогових і цифрових), роботу з шинами I2C/SPI/UART, можливість керувати реле, сервоприводами, дисплеями, світлодіодними стрічками тощо. Фактично одна платформа охоплює більшість того, що потрібно для шкільної «лабораторії IoT». Також ESP32 підтримує декілька способів програмування — Arduino IDE, MicroPython, ESP-IDF [25]. Це дозволяє побудувати навчання ступінчасто: спочатку учні працюють у максимально простій моделі Arduino-скетчів, а згодом, за потреби, переходять до більш гнучкого Python-підходу чи «інженерного» SDK.

Для позашкільця важливо й те, що ESP32 присутня в багатьох сумісних модифікаціях. Якщо в одному закладі є DevKit, в іншому — WROOM або S-серія, це майже не впливає на навчальну логіку, бо архітектура, бібліотеки й принципи роботи зберігаються. Тобто курс не «прив'язаний» до конкретної комерційної моделі, а педагог може добирати плату в межах наявного бюджету та постачання.

Arduino Uno тривалий час залишається стандартним «першим кроком» в електроніку завдяки простоті апаратної схеми та величезній кількості освітніх матеріалів. Плата базується на ATmega328P, має 14 цифрових входів/виходів (6 із PWM), 6 аналогових входів і тактову частоту 16 МГц [26]. У гуртковій практиці це означає низький поріг входу: учні швидко розуміють логіку підключення компонентів і можуть зібрати перші схеми майже інтуїтивно. Для розвитку базових навичок схемотехніки Uno є зручною «навчальною лабораторією», у якій кожен крок — сенсор, кнопка, світло — працює прозоро й зрозуміло.

Однак у контексті саме IoT-курсу Uno має принципове обмеження — відсутність вбудованих Wi-Fi/Bluetooth-інтерфейсів [26]. Щоб зробити проєкт «інтернет-речей», потрібно додавати зовнішні модулі (ESP8266, HC-05 тощо), а це збільшує складність, витрати та кількість можливих помилок. У позашкільному навчанні, де час обмежений і групи часто різнорівневі, додаткові

«шари» обладнання можуть відтягувати увагу учнів від ключової ідеї IoT. У результаті Інтернет речей подається як окрема «складна тема в кінці», тоді як правильніший педагогічний шлях — показувати мережевість як природну частину системи з перших модулів.

Тому Arduino Uno доцільніше застосовувати або у вступному блоці гуртка для вирівнювання елементарних навичок, або як альтернативу для тих закладів, де відсутня можливість закупити IoT-плати. У ролі основної платформи IoT-курсу вона менш оптимальна.

Raspberry Pi Pico W поєднує мікроконтролерну логіку з вбудованим бездротовим модулем, зберігаючи формат низьковартісної освітньої плати [27]. Вона орієнтована на задачі, де потрібна сучасна периферія, гнучке керування GPIO і базові мережеві можливості. Плата забезпечує Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє будувати IoT-проекти без зовнішніх мережевих модулів [27]. Для навчання це плюс, оскільки «IoT-частина» не відкладається на окремий блок, а інтегрується в логіку курсу.

Pico W дає учням цікавий досвід роботи з MicroPython і відкриває шлях до більш «програмістського» стилю проектування. Це може бути сильним мотиватором для старших підлітків, які вже мають уявлення про текстове програмування. Але водночас у багатьох українських гуртках Arduino-екосистема є звичнішою, а методичні матеріали саме під ESP32 поки масовіші. Тому Pico W виглядає як перспективна альтернатива або платформа для поглибленого рівня, але для базового короткого IoT-курсу потребує від педагога більшої підготовки й продуманих методичних рішень.

Micro:bit v2 створений саме для освіти: частина сенсорів і інтерфейсів інтегровані в саму плату, а програмування можливе через візуальні середовища, що дуже зручно для молодших учнів [28]. Плата має вбудовану кнопку-матрицю, світлодіодний дисплей, акселерометр, компас, мікрофон, сенсори торкання та інші елементи, які дозволяють отримувати «розумну» реакцію пристрою без складної зовнішньої схемотехніки [28]. Це дає змогу організувати навчання так, щоб учні вже на перших заняттях могли створювати

сенсорні мініпроекти, експериментувати з поведінкою пристрою та бачити швидкий практичний результат. У позашкільлі micro:bit часто використовується як «мотиваційний міст»: діти легко входять у STEM-діяльність, а далі можуть переходити до складніших платформ.

Однак для IoT-курсу важливо, щоб учні побачили повний цикл «пристрій — інтернет — сервіс». Тут micro:bit має природну межу: плата не підтримує Wi-Fi, а зв'язок реалізується через Bluetooth Low Energy, що орієнтований переважно на локальну взаємодію з телефоном або комп'ютером [29]. У результаті IoT-сценарії на micro:bit або залишаються в межах коротких BLE-проектів, або потребують проміжного шлюзу (іншого контролера чи ПК), який передаватиме дані далі в інтернет. Для короткого позашкільного курсу це створює додаткову технічну складність і може відволікати учнів від головної навчальної ідеї. Тому micro:bit є дуже сильним стартовим інструментом для загального STEM-напряму, але для системного курсу з основ IoT його можливості зазвичай потрібно доповнювати іншими платформами.

Для цілісного вибору апаратної основи важливо зіставити не тільки наявність мережі, а й ті параметри, які прямо впливають на навчальний процес: поріг входу, типові помилки учнів, зручність підключення сенсорів, енергоживлення, перспективність для майбутніх гурткових проєктів тощо.

Таблиця 2.1- Порівняння платформ ESP32, Arduino Uno, Raspberry Pi Pico W, Micro:bit v2

Критерій	ESP32	Arduino Uno	Raspberry Pi Pico W	BBC micro:bit v2
Тип платформи	IoT-мікроконтролер	Навчальний мікроконтролер	Сучасний мікроконтролер	Освітній мікроконтролер
Мережеві інтерфейси	Wi-Fi, Bluetooth	Немає (потрібні	Wi-Fi, Bluetooth	Bluetooth LE

		модулі)		
Швидкість “ІоТ-ефекту” на курсі	Висока, з 1–2 тижня	Низька, після підключення модулів	Висока, але з більшим порогом	Середня, BLE-сценарії
Продуктивн ість для навчання	Висока, з запасом	Низька/серед ня	Висока	Середня
Обсяг пам’яті для проектів	Достатній для мережевих задач	Мінімальний	Достатній	Достатній для простих задач
GPIO та периферія	Багато портів і шин	Стандартний набір	Дуже гнучкі GPIO	Менше зовнішніх портів, частина сенсорів вбудована
Підключенн я сенсорів	Дуже зручне, типові модулі підходять «відразу»	Зручне, але без мережі	Зручне, сучасні інтерфейси	Зручне для вбудованих сенсорів, зовнішні — обмежені
Поріг входу для учнів	Середній	Дуже низький	Середній	Дуже низький
Ризик технічних труднощів	Помірний	Високий на етапі ІоТ-модулів	Помірний	Низький на старті, вищий на етапі виходу в інтернет
Підтримува ні середовища	Arduino IDE, MicroPython, ESP-IDF	Arduino IDE	MicroPython, C/C++ SDK	MakeCode, MicroPython

Освітня екосистема в гуртках	Дуже велика IoT-спільнота	Найбільша для базової електроніки	Зростає, але менш масова	Сильна для молодших і початківців
Енергоживлення й мобільність	Підходить для батарейних IoT-пристроїв	Переважно стаціонарні схеми	Підходить для мобільних систем	Дуже зручний для мобільних навчальних проєктів
Потенціал для розвитку гуртка	Високий: IoT, автоматика, “розумний дім”	Середній: базова електроніка	Високий: сучасні IoT-проєкти	Середній: STEM-проєкти з BLE
Загальна придатність саме для IoT-курсу	Максимальна	Середня	Висока	Обмежена

Таблиця дозволяє побачити, що вибір платформи для позашкільного IoT-курсу не можна зводити лише до технічних характеристик. На перший погляд Pico W і ESP32 обидва мають Wi-Fi/BT і достатню продуктивність, а micro:bit і Arduino — сильні освітні бренди з низьким порогом входу. Але якщо «накласти» ці можливості на умови реального гуртка, відмінності стають більш виразними.

В позашкільлі критична швидкість появи результату. Діти, особливо в коротких курсах на 8–12 занять, повинні відчути успіх майже одразу, інакше мотивація швидко падає. Arduino Uno дає швидкий результат у вигляді світлодіодів, кнопок і простих сенсорів, але не дає швидкого IoT-результату без мережевого модуля. Micro:bit дає швидкий результат через вбудовані сенсори, але зазвичай у локальному форматі BLE. Pico W і ESP32 дають «інтернет-ефект» одразу, однак у Pico W цей ефект часто вимагає більшого програмного розуміння (особливо у Python-середовищі). ESP32, через масовість

Arduino-екосистеми, дає найпростішу траєкторію: педагог може використати дуже доступні бібліотеки та готові «шаблонні» приклади, які учні зможуть відтворити і змінити без великого попереднього досвіду.

Потрібно враховувати реальні ризики технічних помилок. У гуртку різнорівнева група: хтось уже програмував, а хтось тільки вперше тримає макетну плату. Додаткові мережеві модулі в Arduino-системі різко підвищують складність і кількість можливих точок відмови. У таких умовах педагог витрачає більше часу на «ремонт» схем і налаштування зв'язку, ніж на пояснення ідей IoT. ESP32 мінімізує такі ризики, бо мережа вбудована, а більшість типових проблем зводиться до налаштування Wi-Fi параметрів у коді, що методично передбачувано.

Для позашкільної освіти важлива універсальність платформи. Курс з IoT у гуртку рідко існує «в ізоляції». Часто він стає продовженням робототехніки, електроніки або програмування. Педагогові зручно, коли одна плата може покрити кілька суміжних напрямів. Arduino Uno тут універсальна для початкового рівня електроніки, micro:bit універсальний для STEM-стартерів. Але якщо гурток орієнтується на розвиток сучасних технічних компетентностей, зокрема IoT-логіки, то ESP32 більш універсальна на рівні «сучасної автоматизації»: її легко використовувати і для IoT-сенсорних вузлів, і для простих робототехнічних проєктів, і для «розумного дому», і для прототипування технічних рішень.

За умов війни та цифровізації, про які йшлося в розділі 1, важливим стає потенціал дистанційної або змішаної роботи. IoT-проєкти, особливо сенсорні системи, зручно демонструються онлайн саме тоді, коли плата може надсилати дані у хмару чи на веб-панель. Arduino без мережі цього не забезпечує, micro:bit — лише частково і локально. ESP32 і Pico W забезпечують реальні мережеві сценарії, а отже підтримують можливість змішаної моделі гуртка (частина учнів удома, частина в аудиторії) без втрати суті курсу.

Також слід врахувати економічну та постачальницьку реальність громад. Після початку повномасштабної війни багато гуртків мають нерегулярні

закупівлі, а обладнання часто надходить через гранти або благодійні програми. Тут виграють платформи, які мають багато сумісних версій і легко замінюються аналогами. ESP32 у цьому сенсі найбільш гнучка: якщо сьогодні доступні DevKit-плати одного виробника, завтра — інші модулі, але навчальна логіка не руйнується. Arduino Uno також масова, але для IoT вона все одно потребує додаткових модулів, які можуть бути менш доступними. Pico W і micro:bit мають більш «фіксовані» лінійки, що інколи ускладнює масштабування гуртка в реальних умовах.

Узагальнюючи, можна сказати, що ESP32 дає найкращий баланс між технічними можливостями IoT і педагогічною простотою позашкільного навчання. Вона дозволяє побудувати курс так, як це визначено у пунктах 1.3: модульно, проєктно, з перевагою практики та з швидким переходом до мережеских сценаріїв. Це і є головна причина, чому саме ESP32 обрана базовою платою для розроблюваного позашкільного курсу.

2.2. Проєктування змісту позашкільного курсу з основ інтернету речей

Проєктування змісту позашкільного курсу з основ Інтернету речей здійснювалося на підставі вимог, сформульованих у розділі 1.3, та з урахуванням обраної апаратної основи ESP32 (п. 2.1). У курсі поєднуються ідеї STEM-освіти, практикоорієнтованого навчання і проєктного підходу, що є найбільш природним для позашкільного середовища. Позашкілля передбачає добровільність участі, різний стартовий рівень гуртківців і високу залежність мотивації від швидкого видимого результату. Тому зміст курсу вибудовується так, щоб учень уже на перших заняттях отримав «працюючий ефект», а далі крок за кроком ускладнював систему до рівня повноцінного IoT-прототипу.

Вихідними дидактичними орієнтирами для змісту курсу є: домінування практичної діяльності над теоретичною (теорія подається коротко і відразу підкріплюється дією); ступеневість ускладнення (кожен наступний блок спирається на попередній); інтеграція апаратної, програмної та мережевої

складових (щоб IoT не зводився лише до електроніки чи лише до коду); варіативність завдань для різнорівневих груп; а також обов'язковий проєктний результат наприкінці курсу. Оскільки Інтернет речей пов'язаний зі збиранням даних про людину або середовище, у зміст закладаються елементи цифрової етики та відповідального використання технологій.

Зміст курсу побудований модульно. Кожен модуль має завершений навчальний цикл і підсумковий практичний продукт, який є опорою для наступного етапу. Логіка модулів відображає «зростання» IoT-системи: від знайомства з ідеєю та прикладами — до локального «розумного» пристрою — до системи з сенсорами й автоматизацією — до підключення в мережу — до самостійного мініпроєкту. Така послідовність зменшує технічні ризики, дає стабільне відчуття прогресу і відповідає умовам реального гуртка, де важливо підтримувати інтерес і темп навчання.

Модуль 1. Вступ до Інтернету речей і прикладні ідеї

- Інтернет речей: сутність, можливості, приклади з життя
- Будова IoT-системи: сенсор, мікроконтролер, мережа, інтерфейс
- Ідеї для власних IoT-проєктів і вибір проблеми для розв'язання

Модуль 2. Перший розумний пристрій: мікроконтролер і базові підключення

- Платформа ESP32: підключення, середовище розробки, перша програма
- Цифрові виходи: керування світлодіодами та простими модулями
- Цифрові входи: кнопки, перемикачі, керування подіями

Модуль 3. Сенсори та прості сценарії автоматизації

- Підключення сенсорів: принципи роботи та типи сигналів
- Зчитування й інтерпретація даних з датчиків
- Локальні сценарії автоматизації «якщо—то»

Модуль 4. Пристрій у мережі: мінімальний IoT-зв'язок

- Підключення ESP32 до Wi-Fi
- Передача даних у мережу та їх віддалене відображення

- Дистанційне керування пристроєм через мережу

Модуль 5. Підсумковий мініпроект IoT

- Проектування власної IoT-системи
- Збірка, програмування і налагодження пристрою
- Презентація та захист мініпроекту

Курс подано у форматі окремого навчального вебсайту, створеного на платформі Google Sites, де структуровано всі модулі, практичні завдання та матеріали для підсумкового мініпроекту. Електронна версія курсу доступна за адресою: <https://sites.google.com/view/iot-mini-course/> [30].

Організація навчання в межах цих модулів передбачає короткий теоретичний вступ на кожному уроці (як орієнтир до практики), демонстрацію зразка й подальшу самостійну роботу учнів із платою та компонентами. Обов'язковий результат заняття — працездатна схема й код, який учень не просто повторив, а змінив або розширив. Для підтримки різнорівневої групи на кожному уроці передбачаються базові й додаткові завдання: перші гарантують засвоєння ядра, другі дозволяють сильнішим учням ускладнювати проєкт (додавати сенсори, комбінувати модулі, оптимізувати логіку). Робота може виконуватися індивідуально або в парах/малих групах, що водночас знижує технічні труднощі й формує навички командної взаємодії.

Окремою методичною перевагою курсу є його придатність до змішаного формату, що особливо актуально в умовах війни та нерівного доступу учнів до очних занять. Частина підготовчих кроків (вивчення ідей, робота з кодом, планування проєкту) учні можуть виконувати дистанційно, а ключові етапи схемотехніки, підключення сенсорів і тестування — під час очних зустрічей. Завдяки ESP32 учні відносно швидко переходять до мережевих сценаріїв, що підсилює мотивацію і підкреслює саме IoT-спрямування курсу.

Для забезпечення прозорості й керованості навчального процесу у курсі передбачено критерії оцінювання результатів роботи учнів. Вони орієнтовані не лише на технічну правильність виконання практичних завдань, а й на творчість та проєктну діяльність, що є визначальними для позашкільного навчання.

Таблиця 2.2 – Критерії оцінювання виконання позашкільного IoT-курсу

Критерій	Вага, %	Опис
Результативність практичних робіт	30%	Якість виконання обов’язкових лабораторних/практичних завдань: правильність підключення компонентів, працездатність зібраної схеми, стабільна робота програми відповідно до поставленої задачі.
Проектно-творча активність	20%	Рівень самостійності у вдосконаленні рішень: розширення функцій пристрою, експерименти з іншими датчиками чи режимами, пропозиція власних ідей застосування IoT.
Підсумковий проект і його обґрунтування	25%	Ступінь завершеності та корисності мініпроєкту: наявність повного циклу IoT збір даних, обробка, передача/інтерфейс, реакція, логічність архітектури, аргументація вибору технічних рішень під час захисту.
Організованість і дотримання графіка	15%	Наскільки учень/група виконує етапи курсу в заплановані терміни, веде проєктну роботу послідовно та доводить завдання до результату.
Співпраця та комунікація	10%	Уміння працювати в команді: розподіл ролей, взаємодопомога під час налагодження пристроїв, конструктивне обговорення рішень і спільна відповідальність за результат.

Таким чином, спроектований зміст позашкільного курсу забезпечує послідовне формування ключових компетентностей у сфері Інтернету речей: уміння працювати з мікроконтролером і електронними модулями, підключати й аналізувати сенсорні дані, створювати прості алгоритми автоматизації,

організовувати мінімальний мережевий обмін даними та реалізовувати завершений технічний проєкт. Модульна структура і практична домінанта роблять курс доступним для позашкільного середовища й водночас достатньо сучасним, щоб дати учням реальний досвід створення «розумних» пристроїв.

2.3. Апробація створеного курсу

Апробація розробленого позашкільного курсу з основ Інтернету речей є важливою, тому що саме вона дозволяє перевести проєкт із «паперової» моделі в реальну освітню практику. Навіть добре спроектований курс потребує перевірки в гуртковому середовищі: тільки так можна побачити, чи відповідає подача матеріалу темпу групи, чи вистачає учням інструкцій для самостійної роботи, як вони сприймають перехід від простих електронних схем до мережевих IoT-сценаріїв. Апробація також дає змогу виявити типові помилки, кількість необхідних підказок від керівника гуртка та визначити, що саме варто уточнити перед подальшим масштабуванням курсу..

Метою апробації було перевірити ефективність і практичну придатність курсу в умовах реального гуртка. Зокрема, передбачалося:

- оцінити зрозумілість логіки модульного навчання та переходів між темами;
- з'ясувати, наскільки доступними є матеріали навчального сайту і чи допомагають вони учням працювати між заняттями;
- перевірити відповідність складності практичних робіт підготовці гуртківців;
- встановити, чи дає курс очікуваний результат — здатність учнів зібрати і запрограмувати простий IoT-пристрій із мережевою взаємодією на базі ESP32.

Апробація відбувалася як повний цикл проходження курсу за авторською програмою. Учні послідовно виконували завдання чотирьох модулів. На початку вони засвоїли базові прийоми роботи з ESP32 та середовищем програмування, далі поглибили навички взаємодії з пінами плати й

вбудованими компонентами, після чого перейшли до роботи з периферійними сенсорами. У цьому блоці застосовувалися як вбудований датчик температури, так і зовнішній DHT22 для вимірювання температури та вологості, сенсори освітленості та руху, а також OLED-екран для виведення даних. Завершальна частина була присвячена самостійному створенню мініпроєкту з елементами «розумного дому», де учні будували логіку взаємодії сенсорів і виконавчих модулів, а також реалізовували мережеву складову через Wi-Fi.

Апробація проводилася на базі позашкільного гуртка із застосуванням комплекту ESP32, симуляторів та методичних матеріалів курсу, розміщених на авторському сайті. Участь брали учні, які мали початкові навички роботи з мікроконтролерами та сенсорними модулями, що відповідало рівню входження в курс.

Підготовчий етап.

- ознайомлення учнів із цілями курсу й правилами роботи;
- організація доступу до сайту та матеріалів;
- первинне налаштування ESP32 і середовища програмування;
- коротке повторення базових понять сенсорики та електроніки, необхідних для подальших модулів.

Основний етап.

- виконання практичних робіт кожного модуля в заданій послідовності;
- поступове ускладнення завдань: від керування цифровими входами/виходами до підключення сенсорів і зчитування даних;
- робота з периферійними модулями (сенсори світла та руху) і побудова локальних автоматизацій;
- перехід до IoT-частини: налаштування Wi-Fi, передавання даних і тестування дистанційної взаємодії.

Підсумковий етап.

- розробка учнями власного мінізавдання/проєкту у форматі «розумного дому»;

- презентація результатів і коротке пояснення обраної архітектури;
- рефлексія щодо складності модулів і користі матеріалів сайту;
- збір відгуків через опитувальник..

Після завершення проходження курсу було узагальнено результати виконання практичних робіт і підсумкових мініпроектів. Загальна картина показала стійкий середній рівень засвоєння: більшість учнів упевнено виконували базові модулі та коректно працювали з сенсорами, однак мережеві сценарії вимагали більше часу та консультацій. У підсумкових проєктах учні змогли реалізувати основну функціональність, але складніші IoT-розширення застосовували частково.

Таблиця 2.3 – Оцінювання ефективності курсу за рівнем виконання

Критерій	Середній рівень виконання
Якість виконання практичних робіт	75%
Проектна ініціативність	68%
Підсумковий мініпроект	70%
Організаційна дисципліна	68%
Командна взаємодія	78%

За спостереженнями та усними коментарями учнів, найбільший інтерес викликали модулі із сенсорами та підключенням до мережі — через відчутний «ефект розумного пристрою». Натомість найбільш проблемними виявилися моменти налаштування Wi-Fi-взаємодії та перехід від шаблонних прикладів до самостійного конструювання алгоритму для підсумкового проєкту. Це підтверджує необхідність додаткових опорних інструкцій саме для мережевої частини.

Після завершення курсу учні заповнили коротку анкету-відгук за 5-бальною шкалою (1 — дуже складно/незрозуміло, 10 — повністю зрозуміло/дуже цікаво). Середні оцінки подані нижче.

Таблиця 2.4 – Оцінювання ефективності курсу за відгуками учнів

Показник (за відгуками учнів)	Середня оцінка (1–10)	Коментар
Зрозумілість пояснень на заняттях	7.33	Загалом сприймалося легко, інколи треба було повторити мережеві нюанси
Зручність матеріалів на сайті курсу	7.11	Матеріали допомагали, але хотілося більше коротких «швидких інструкцій»
Складність практичних робіт	5.44	Базові модулі — комфортні, мережеві — помітно складніші
Цікавість завдань	5.89	Найбільш цікаві — сенсорні та IoT-сценарії
Складність підсумкового мініпроєкту	6	Потрібні додаткові приклади перед стартом проєкту
Загальна корисність курсу	6.78	Курсу достатньо, щоб зрозуміти основу IoT і зробити свій прототип



Рис. 2.1 — Зрозумілість пояснень на заняттях

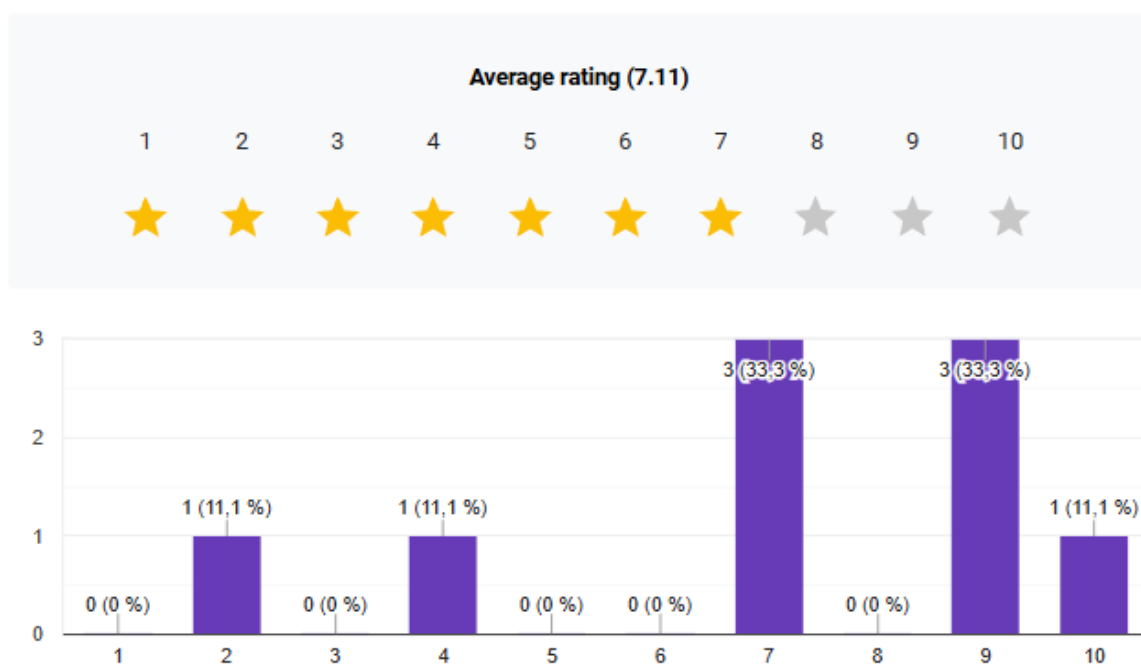


Рис. 2.2 — Зручність матеріалів на сайті курсу

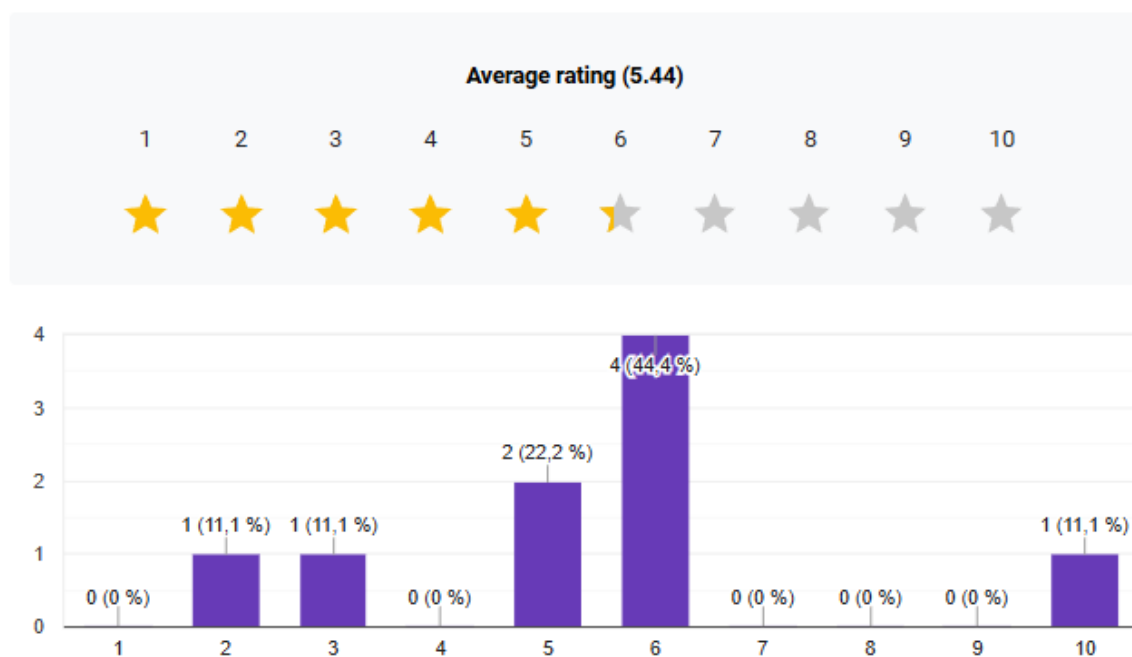


Рис. 2.3 — Складність практичних робіт

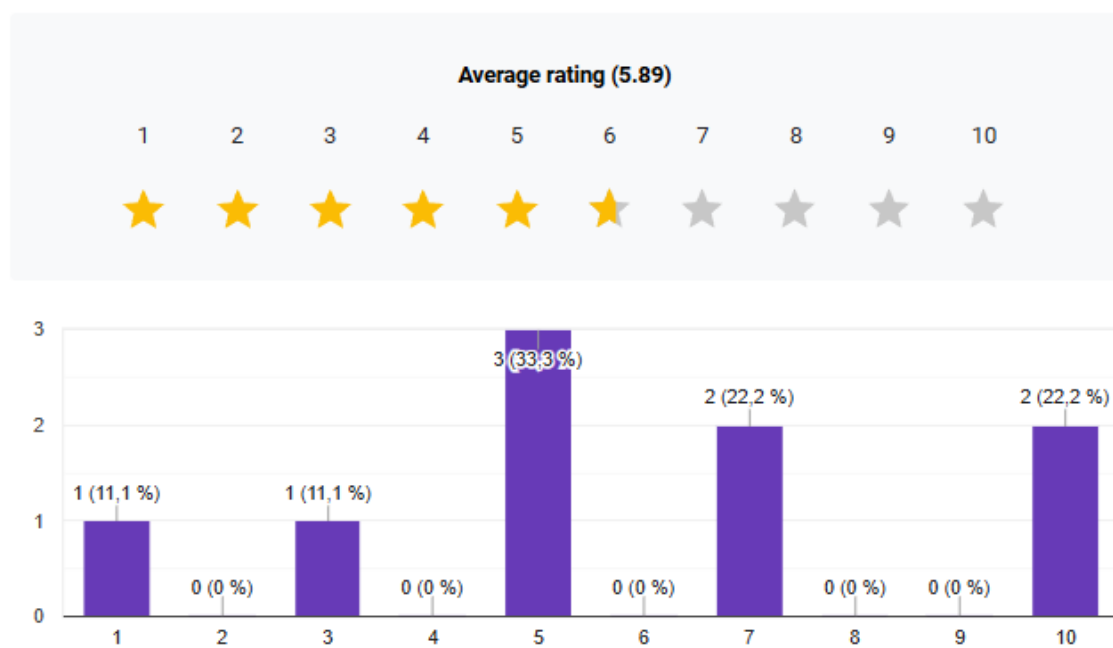


Рис. 2.4 — Цікавість завдань

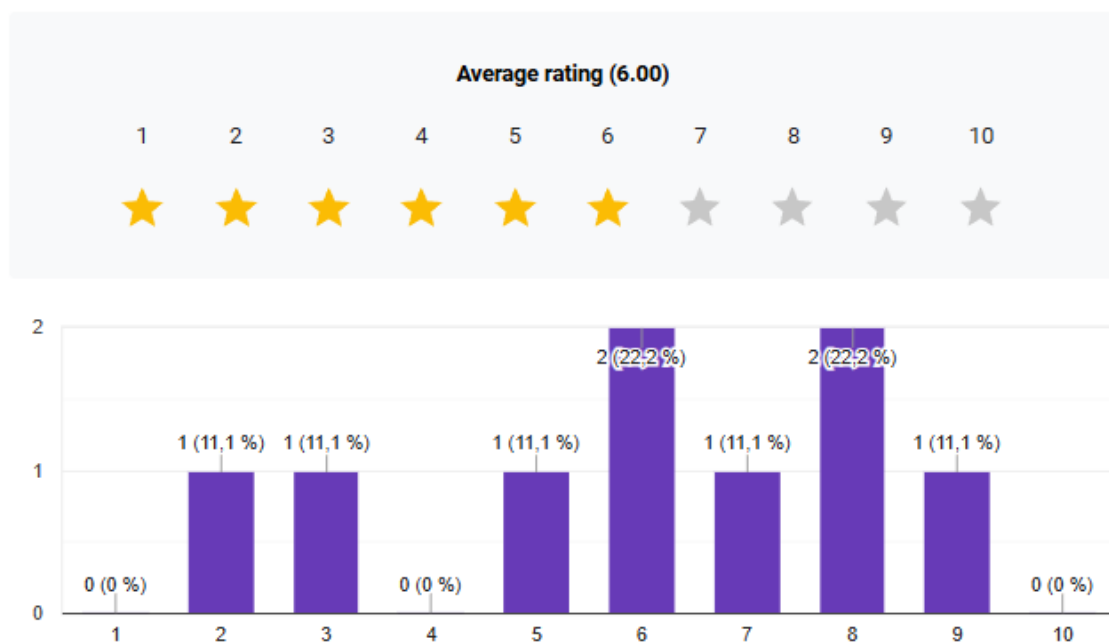


Рис. 2.5 — Складність підсумкового мініпроєкту

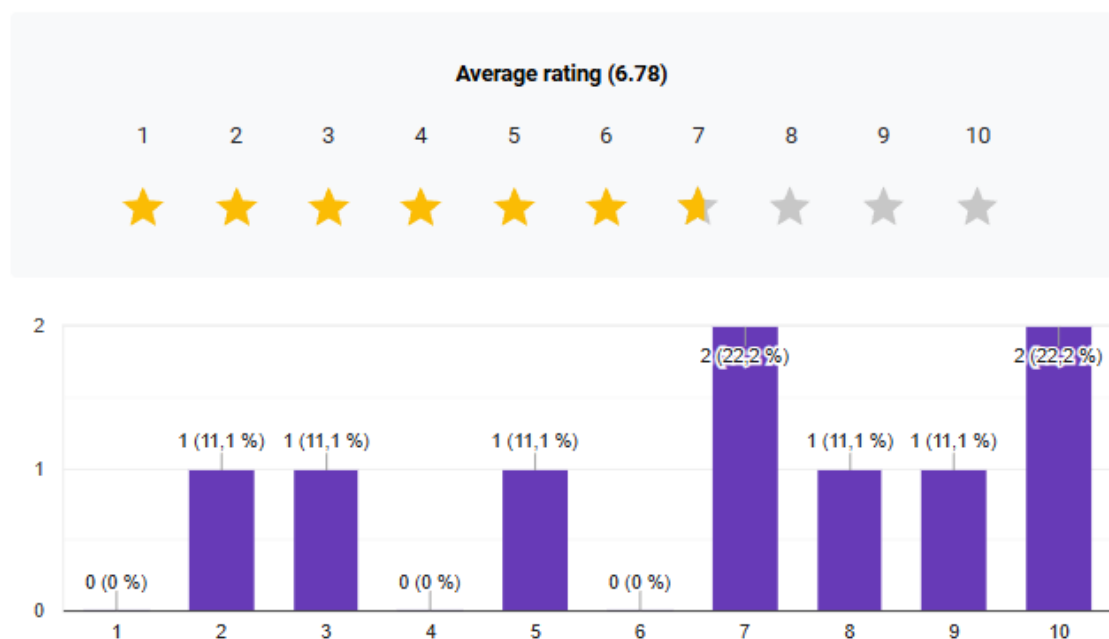


Рис. 2.6 — Загальна користь курсу

Отримані результати показали, що курс потрібно вдосконалити, однак він є працездатним і логічно вибудованим: учні в більшості випадків пройшли шлях від базових вправ із ESP32 до створення простого мережевого прототипу. Середній рівень показників виглядає реалістично для першої апробації нового

технічного напрямку в гуртку. Для подальшого підсилення курсу доцільно:

- додати більше лаконічних покрокових «шпаргалок» для мережевих модулів;
- перед проєктом ввести 1–2 короткі тренувальні задачі з IoT-взаємодією;
- розширити банк ідей мініпроєктів, щоб учням було простіше обрати тему під власні інтереси.

У такому вигляді курс можна рекомендувати до використання в технічному позашкільлі з подальшим поступовим удосконаленням на основі повторних впроваджень.

ВИСНОВКИ

У рамках даного дослідження було розглянуто ключові аспекти обраної теми — розробки позашкільного курсу з основ Інтернету речей. Робота охопила теоретичні передумови, методичні підходи та практичні кроки створення й упровадження курсу. Проведене дослідження підтвердило актуальність тематики для сучасного позашкілля та показало реальну можливість використання результатів у гуртковій практиці. Аналіз матеріалів дав змогу цілісно окреслити проблему: наявність у позашкіллі потужної апаратно-програмної бази та водночас недостатню системність у формуванні саме мережових IoT-компетентностей, що й визначило потребу у спеціалізованому курсі.

Було проаналізовано нормативні засади функціонування позашкільної освіти України, а також сучасні умови її організації в контексті цифровізації й викликів воєнного часу. Окремо досліджено діючі програми технічного та STEM-спрямування, дотичні до IoT (робототехніка, мікроконтролери, Arduino-гуртки, STEM-курси), а також визначено, які компетентності вони розвивають повноцінно, а які — лише частково. Це дозволило сформулювати вимоги до авторського курсу: модульність, практична домінанта, ступеневе ускладнення, інтеграція сенсорики, програмування та мережевої взаємодії, проєктний підсумок і можливість змішаного формату навчання.

У процесі порівняння поширених освітніх апаратних платформ було обґрунтовано вибір ESP32 як найдоцільнішої бази для позашкільного IoT-курсу. Вирішальними стали наявність вбудованих Wi-Fi/Bluetooth-інтерфейсів, достатня продуктивність, гнучка периферія для сенсорних модулів і велика освітня екосистема, що робить мережеву складову природною частиною навчання з ранніх етапів. На основі визначених вимог і обраного апаратного рішення спроектовано модульний зміст курсу, який послідовно веде учня від базових робіт з ESP32 і цифровими входами/виходами — до роботи з периферійними сенсорами, локальних автоматизацій, мінімального IoT-зв'язку через Wi-Fi та створення підсумкового мініпроєкту у тематиці «розумного

дому». Додатковим результатом стало створення навчального сайту курсу як опори для занять і самостійної роботи учнів.

Апробація курсу в умовах гуртка засвідчила його працездатність і методичну логічність. Учні загалом упевнено виконували практичні модулі з сенсорами та базовими сценаріями автоматизації і змогли реалізувати прості мережеві IoT-функції. Водночас результати показали реалістичний середній рівень засвоєння мережевих тем і підсумкового проєкту, що є природним для першого впровадження нового напрямку в позашкіллі. Це дало підстави визначити напрями доопрацювання курсу: посилення коротких покрокових інструкцій для Wi-Fi-модулів, додаткові тренувальні міні-завдання перед проєктом та розширення набору варіантів підсумкових робіт.

Таким чином, мету кваліфікаційної роботи досягнуто: теоретично обґрунтовано й практично розроблено позашкільний курс з основ Інтернету речей на платформі ESP32, створено навчальні матеріали та перевірено їх ефективність у реальному освітньому процесі. Подальший розвиток курсу доцільно спрямувати на поглиблення командних форматів роботи й запровадження рівнів складності для різних груп учнів, що підвищить адаптивність програми та її потенціал для ширшого впровадження у позашкіллі України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Конструювання компетентісно орієнтованого змісту повної загальної середньої освіти : збірник матеріалів науково-методичних семінарів і науково-практичної конференції, організованих і проведених у 2023/2024 н. р. за участі відділу інновацій та стратегій розвитку освіти Інституту педагогіки НАПН України [Електронне видання] / відп. ред. Д. О. Пузіков. Київ : Педагогічна думка, 2024. 268 с. URL : <https://undip.org.ua/library/konstruiuvannia-kompetentnisno-orientovanoho-z-mistu-povnoi-zahalnoi-serednoi-osvity-2/> (дата звернення: 22.10.2025).
2. Український державний центр позашкільної освіти. STEM // Український державний центр позашкільної освіти : офіц. сайт. 2025. URL : <https://udcpo.gov.ua/stem/> (дата звернення: 22.10.2025).
3. Кулачинський О. В., Каменчук Н. В. Цифровізація позашкільної освіти: можливості та перспективи використання порталу «Позашкілля» // Освітня аналітика України. 2025. № 2(34). С. 66–80. DOI: 10.32987/2617-8532-2025-2-66-80. URL : https://science.iea.gov.ua/wp-content/uploads/2025/08/5_Kulachynskiyi_Kamenchuk_234_2025_66-80.pdf (дата звернення: 22.10.2025)
4. Бех І. Д. Гуманізація освіти [Електронний ресурс]. Київ : НАПН України, 2025. 3 с. URL : <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/706608/1/Гуманізація%20освіти.pdf> (дата звернення: 22.10.2025).
5. Типова освітня програма закладу позашкільної освіти [Електронний ресурс]. Київ, 2018. 10 с. URL : <https://nenc.gov.ua/wp-content/uploads/2018/01/ptopzpo.pdf> (дата звернення: 23.10.2025).
6. Ліхута О. Методичні рекомендації щодо цифрової освіти в закладах позашкільної освіти [Електронний ресурс]. Донецький обласний палац дитячої та юнацької творчості, 2024. 2 с. URL :

- https://donopdut.org.ua/wp-content/uploads/2024/12/Metodichni_rekomendacii_shhodo_cifrovoi_osvti.pdf (дата звернення: 23.10.2025).
7. Про позашкільну освіту : Закон України № 1841-III від 22.06.2000 (редакція від 12.09.2025) [Електронний ресурс]. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1841-14> (дата звернення: 30.11.2025).
 8. МОН пропонує для громадського обговорення проєкт Концепції розвитку позашкільної освіти [Електронний ресурс] // Міністерство освіти і науки України : офіц. сайт. 14.05.2025. URL : <https://mon.gov.ua/news/mon-proponuie-dlia-hromadskoho-obhovorennia-proi-ekt-kontseptsii-rozvytku-pozashkilnoi-osvity> (дата звернення: 24.10.2025).
 9. Позашкільна освіта в умовах воєнного стану: безпечне освітнє середовище та організаційні виклики [Електронний ресурс] // Державна служба якості освіти України. 2022 (актуал. у 2024–2025). URL : <https://sqe.gov.ua/pozashkilna-osvita-v-umovakh-voennogo/> (дата звернення: 24.10.2025).
 10. Лондар С. Л., Гапон В. В., Барабаш О. А. Інформаційні аспекти забезпечення функціонування позашкільної освіти в Україні в умовах воєнного стану // Освітня аналітика України. 2023. № 5(26). С. 81–100. DOI: 10.32987/2617-8532-2023-5-81-100. URL : https://science.iea.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/6_Londar_Gapon_Barabash_526_2023_81-100.pdf (дата звернення: 24.10.2025).
 11. Ринок праці інженерів та робітників з професійно-технічною освітою : коротка версія [Електронний ресурс] / Київська школа економіки. Київ, 2024. 24 с. URL : <https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/09/Korotka-versiya.-Rinok-pratsi-inzheneriv-ta-robitnikov-z-profesii--no-tehnicnoyu-osvitoyu.pdf> (дата звернення: 25.10.2025).
 12. Концепція розвитку позашкільної освіти (2025–2030) : проєкт для громадського обговорення [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України. Київ, 2025. 30 с. URL :

- <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/gromadske-obgovorennya/2025/05/14/ho-proyekt-kontseptsiyi-rozvytku-pozashkilnoyi-osvity-2025-2030-14-05-2025.pdf> (дата звернення: 25.10.2025).
13. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 навчальному році [Електронний ресурс] / ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». Київ, 2024. URL : https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/92801/ (дата звернення: 26.10.2025).
 14. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології Інтернету речей : навчальний посібник [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2021. 271 с. URL : <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/dcd9e1aa-8bcc-4e76-b1e0-ed133bf616b2/content> (дата звернення: 26.10.2025).
 15. Навчальні програми з науково-технічного напрямку позашкільної освіти. Випуск 4 [Електронний ресурс]. 2023. URL : <https://ocnttum.com/navchalni-programy-z-naukovo-tehnichnogo-napryamu-v-ypusk-4/> (дата звернення: 26.10.2025).
 16. Корнієнко Д. Р. Основи робототехніки на платформі Arduino : навчальна програма гуртка з позашкільної освіти науково-технічного напрямку (основний рівень) [Електронний ресурс] / Український державний центр позашкільної освіти. Київ, 2019. 11 с. URL : <https://udcpo.com.ua/wp-content/uploads/2019/12/ПрТ-ОСНОВИ-РОБОТОТЕХНІКИ-НА-ПЛАТФОРМИ-ARDUINO-271119.pdf> (дата звернення: 26.10.2025).
 17. Сокол І. М., Ченцов О. М. Робототехніка. 7–9 класи (міжгалузевий інтегрований курс) : модельна навчальна програма [Електронний ресурс] / МОН України. 2024. 14 с. URL : <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2024/Model.navch.prohr.5-9.klas-2024/10.09.2024/robototekhnika-7-9-kl-sokol-ta-in-10092024.pdf> (дата звернення: 27.10.2025).

- 18.Засекіна Т. М., Коршунова О. В., Василяшко І. П. STEM. 7–9 класи (міжгалузевий інтегрований курс) : модельна навчальна програма [Електронний ресурс] / МОН України. 2024. 27 с. URL : <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2024/Model.navch.prohr.5-9.klas-2024/27.08.2024/03/stem-7-9-kl-zasyekina-ta-in-27082024.pdf> (дата звернення: 28.10.2025).
- 19.Навчальні програми з позашкільної освіти. Дослідницько-експериментальний напрям. Комп'ютерні науки [Електронний ресурс]. Київ : НЦ «МАН України», 2021. 120 с. URL : <https://cprs.kiev.ua/upload/iblock/1ec/1ec39a811a2264fc26e9bdf3d43464b8.pdf> (дата звернення: 10.11.2025).
- 20.Національний центр «Мала академія наук України» (МАН) [Електронний ресурс] // Міністерство освіти і науки України : офіц. сайт. 2025. URL : <https://mon.gov.ua/osvita-2/pozashkilna-osvita/derzhavni-tsentr-pozashkilnoi-osviti/natsionalniy-tsentr-mala-akademiya-nauk-ukraini-man> (дата звернення: 12.11.2025).
- 21.Олійник В. В., Спирін О. М., Литвинова С. Г. Цифрова трансформація освіти і науки в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення: нормативно-правовий контекст [Електронний ресурс] // Педагогіка і психологія. 2024. № 1. С. 62–69. URL : https://dnrb.gov.ua/wp-content/uploads/2025/02/Digital_transformation_of_education_and_science-2025.pdf (дата звернення: 15.11.2025)
- 22.Безпека дітей в Інтернеті [Електронний ресурс] // Міністерство освіти і науки України : офіц. сайт. 2025. URL : <https://mon.gov.ua/osvita-2/pozashkilna-osvita/vikhovna-robota-ta-zakhist-pravy-ditini/bezpeka-ditey-v-interneti> (дата звернення: 17.11.2025)
- 23.Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 навчальному році [Електронний ресурс] // ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти». 2024. URL :

<https://imzo.gov.ua/2024/08/13/lyst-imzo-vid-12-08-2024-21-08-1242-metody-chni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-sere-dn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2024-2025-navchal-nomu-rotsi/> (дата звернення: 17.11.2025)

- 24.Методичні рекомендації з напрямку STEM-освіта для закладів позашкільної освіти [Електронний ресурс] // Український державний центр позашкільної освіти : офіц. сайт. 2023. URL : <https://udcpo.gov.ua/2023/09/12132/> (дата звернення: 17.11.2025)
- 25.ESP32 Wi-Fi & Bluetooth SoC. Espressif Systems : офіц. сайт. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32> (дата звернення: 19.11.2025).
- 26.Arduino UNO Rev3. Arduino Documentation : офіц. документація. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/> (дата звернення: 20.11.2025).
- 27.Raspberry Pi Pico W Product Brief / Datasheet. Raspberry Pi : офіц. опис. URL: <https://datasheets.raspberrypi.com/picow/pico-w-product-brief.pdf> (дата звернення: 20.11.2025).
- 28.Micro:bit v2 Hardware. Micro:bit Educational Foundation : офіц. техн. відомості. URL: <https://tech.microbit.org/hardware/> (дата звернення: 20.11.2025).
- 29.Micro:bit Bluetooth. Micro:bit Educational Foundation : офіц. техн. відомості. URL: <https://tech.microbit.org/bluetooth/> (дата звернення: 20.11.2025).
- 30.IoT Mini Course – мінікурс з Інтернету речей [Електронний ресурс]. 2025. URL : <https://sites.google.com/view/iot-mini-course/>