

УДК 373.5.016:004.896-048.445

**Баранов Сергій Сергійович**

Аспірант кафедри інформаційних технологій та програмування

Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова, Київ, Україна

s.baranov@std.npu.edu.ua

ORCID:0000-0001-9204-0891

## КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ ПЛАТФОРМ ТА ГОТОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ НАВЧАННЯ УЧНІВ ОСНОВ РОБОТОТЕХНІКИ

**Анотація.** Використання роботизованих систем у навчанні, широко відоме, на теперішній час, як “Освітня робототехніка”, “Educational robotics”, “Robotics in education”, все більше набирає обертів як тренд. Про це свідчить як збільшення кількості публікацій на цю тему в наукових виданнях, так і проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою «Методична система навчання основам технології та робототехніки як складової STEM-освіти» за підтримки Міністерством освіти й науки України. Стрімкий розвиток галузі робототехніки спричиняє потребу в підготовці відповідних кваліфікованих фахівців. Однак, школа залишається традиційним місцем опанування основних компетентностей, необхідних для визначення професійної орієнтації людини, а ознайомлення з робототехнікою підвищує шанси на вибір учнями цього напрямку діяльності в майбутньому. Найчастіше вчителі обирають найбільш розповсюджені технічні інструменти для навчання робототехніки. Такий підхід хоч і має свої переваги (використання готової навчальної програми та інших ресурсів навчання), але має і недоліки. Тому важливим є розробка класифікації технічних рішень, що вже існують на ринку та використовуються у процесі навчання основ робототехніки в школі. У статті проаналізовано конструктори та набори компонентів, що застосовуються в процесі навчання основ робототехніки для дітей шкільного віку, досліджено 84 різних технічних рішень, що можуть бути використані для навчання робототехніки, та розглянуто їх спільні й відмінні риси. У результаті дослідження запропоновано класифікацію робототехнічних платформ та готових технічних рішень для використання вчителем у процесі навчання учнів основ робототехніки. В перспективах подальших досліджень планується розробка методичних рекомендацій для добору змісту і засобів навчання основ робототехніки в закладах середньої освіти.

**Ключові слова:** освітня робототехніка; робототехнічна платформа; основи робототехніки; платформа Lego; платформа Arduino

**Постановка проблеми.** Дослідження комерційних закладів позашкільної освіти для навчання освітньої робототехніки, проведене у 2018 році [1], показало, що переважна більшість гуртків використовують подібне технічне та програмне забезпечення під час навчального процесу, в основному різновиди від компанії **LEGO - 30.8%**, набори основи **Arduino - 53.8%**, **інші інструменти - 15.4%**. В основному, це пов'язано з широкою популяризацією цих брендів та великою кількістю навчальних матеріалів, які існують у вільному доступі, використанням зазначених платформ на олімпіадах і конкурсах з робототехніки, на які допускають виключно ці платформи. Але, для того, щоб мати змогу гнучко підібрати інструменти для навчання і, в результаті, підвищити рівень викладання, важливим є володіння знаннями про інші, не менш перспективні, засоби навчання основ робототехніки.

Таким чином, основним завданням дослідження є розробка класифікації робототехнічних платформ та готових технічних рішень для використання вчителем у процесі навчання учнів основ робототехніки.

Нині вивчення основ робототехніки в школі здійснюється, як правило, у вигляді гуртків на базі шкіл та комерційних організацій, спрямованих на послуги в галузі додаткової освіти учнів та, в невеликій кількості, у державних школах, що використовують робототехніку як складову шкільного курсу інформатики або технологій [2].

Існують різні чинники, які впливають на швидкість, якість та бюджет занять, тому, процес вивчення буде оптимальним, якщо вчитель, який навчає робототехніки, володіє актуальними даними про різноманітні освітні інструменти. Рівень складності навчального матеріалу залежить від особливостей учнів (таких як вік, рівень підготовки, зацікавленість та ін.), що зумовлює актуальність питання добору відповідних методів, форм і засобів.

**Метою статті** є аналіз технічних рішень розробка і класифікації засобів, які використовуються у процесі навчання основ робототехніки.

#### **Аналіз досліджень та публікацій**

Сьогодні українськими освітянами проводяться активні дослідження в галузі освітньої робототехніки (Н.В. Морзе, О.В. Струтинська, М.А. Гладун, Р.С. Белзецький, І.В. Кіт, Д.В. Боровик, Т.І. Лисенко, О.М. Кривонос, А.Д. Василюк, С.С. Пахачук, М.А. Умрик, С.М. Дзюба, О.В. Задорожна, О.Г. Кіт, П.О. Клименко, Ю.Г. Ковальов та ін.).

Загалом вчені виокремлюють різні засоби та наводять приклади освітніх рішень, що можна використовувати у процесі навчання дітей різного віку, наприклад конструктори для початкової, середньої школи та засоби для профільного навчання [6]. Автори (Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М.) наводять переваги використання різних наборів, таких як LEGO Education «Прості механізми», «Робототехніка. WeDo 2.0», Cubelets, MOSS, Wonder Workshop Dash&Dot, Robotis DREAM, Little Bits STEAM - для вивчення основ робототехніки в початковій школі. Інші комплекти навчальних матеріалів (наприклад, LEGO Education «Наука і технологія», LEGO Education «Енергія», LEGO Education «Пневматика», LEGO Education «Робототехніка. EV3», RobotisSTEM, Makeblock mBot та Ranger, Pitsco TetrixPrime і TetrixMax, VexRobotics VEXIQ та VEXPRO, Arduino) - для навчання в середній школі [6]. Деякі дослідники (Белзецький Р.С., Полторак О.М.) пропонують класифікувати платформи для створення роботів за ступенем “відкритості” (сумісності компонентів технічного рішення з іншими комплектами деталей) чи “закритості” (відсутності можливості використовувати інші компоненти) [7]. Як приклад автори пропонують відносити Lego Mindstorms NXT 2.0 до “закритих” версій робототехнічних платформ, а набори Arduino до “відкритих”.

Аналіз публікацій вказує на те, що, на момент проведення даного дослідження, не існує єдиного підходу до класифікації робототехнічних інструментів для використання в освітніх цілях.

**Методи дослідження.** Основні інструменти дослідження: аналіз наукових публікацій, аналіз робототехнічних засобів, що використовуються в освітньому процесі, існуючих навчальних програм з освітньої робототехніки (в т.ч. з інтернет-джерел), аналіз даних з офіційних сторінок компаній в мережі інтернеті, відвідування тематичних виставок, інтерв'ювання вчителів та експертів галузі тощо.

**Виклад основного матеріалу.** В результаті дослідження було проаналізовано різноманітні навчальні конструктори, інтерактивні роботи, набори схемотехнічних компонентів, що використовуються у процесі вивчення робототехніки в Україні або рекомендуються для використання виробником загальною кількістю 84 технічні освітні рішення.

**Робототехніка** (від *робот* і *техніка*; англ. – *robotics*) – прикладна наука, в якій вивчається проектування, розробка, конструювання, експлуатація та використання роботів. Робототехніка орієнтована на створення робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, у т. ч. таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, монотонних і небезпечних робіт (при високій температурі, високому рівні радіації,

вібрації, шуму, при дії хімічних токсичних речовин тощо), а також для підвищення продуктивності праці та якості продукції [16].

В публікаціях часто зустрічається термін “робототехнічна платформа”. **Робототехнічна платформа** (Robotics platform) - набір технічних компонентів (контролер, мотори, системи з'єднання) та програмної складової для програмування (керування). Оскільки створення компонентів для конструювання роботів є довготривалим і складним процесом, то в умовах спрощення навчання основ робототехніки використовують спеціально підготовлені платформи з великою кількістю модульних (готових) компонентів та програмного забезпечення для полегшення їх програмування [8].

**Аналіз тематичних модулів з освітньої робототехніки.** Під час аналізу змісту навчання навчальних програм з робототехніки (А.І. Лучковський [9], В.А. Соколов [9], С.С. Пахачук, І.П. Онішук [10], А.Д. Василюк [12], П.О. Клименко [12], К.С. Ніфантьєв [12], Т.С. Тарасова [13], О.А. Хоріщенко [14], Т.І. Лисенко [15], Б.О. Шевель [15] та ін.) було виявлено чотири основні тематичні модулі, які можна класифікувати так:

1. Теоретичні основи робототехніки:
  - основні поняття;
  - історія робототехніки;
  - класифікації роботів;
  - галузі використання роботів;
  - типи керування роботизованими системами.
2. Загальна архітектура роботизованих систем:
  - основні складові роботизованої системи;
  - основи схемотехніки;
  - типи контролерів;
  - типи сенсорів, що використовуються в роботизованих системах;
  - типи приводів, що використовуються в роботизованих системах;
  - способи переміщення мобільного робота.
3. Особливості програмування роботів:
  - програмування роботів на основі Scratch та Blockly;
  - програмування роботів на основі C++;
  - інші мови для програмування роботів.
4. Основи розробки проектів:
  - дослідження Інтернету речей/розумного будинку;
  - розробка різних видів переміщення роботів;
  - дослідження методів взаємодії робота й людини;
  - дослідження галузей використання роботизованих систем;
  - інші.

Під час вивчення модуля “**Теоретичні основи робототехніки**” учні розглядають основні визначення, загальновідомі факти робототехнічної галузі, історію розвитку автоматизації й галузі використання роботів та робототехнічних систем. Слід зазначити, що частиною теми є вивчення класифікації роботизованих систем відповідно до різних особливостей, наприклад, за типом мобільності роботів, приводів, що використовуються в роботизованій системі, або типом мобільної системи робота (педипуляція, колісний рух тощо). Враховуючи особливості функціонування роботизованих систем, розрізняють також галузі використання та приклади застосування роботів. Це прямо або опосередковано призводить до ряду питань про типи керування системами та взаємодії людей і роботів (*Human Robotics Interaction*).

В рамках модуля “*Загальна архітектура роботизованих систем*” вивчається загальна схема роботи цього класу пристроїв та фізичні особливості функціонування компонентів системи, в основному на базі платформ Arduino [14]. Це призводить до необхідності ознайомлення учнів з основами схемотехніки та експериментів з базовими елементами, знайомства з існуючими видами контролерів, різними видами сенсорів і драйверів для керування. Наступним логічним кроком навчання є вивчення типів приводів та фізичних основ керування ними.

У процесі навчання модуля “*Особливості програмування роботів*” вивчаються основні підходи й методи програмування роботів та частин системи, а в модулі “*Основи розробки проєктів*” вивчаються методи та підходи до організації проєктної діяльності, взаємозв'язки робототехніки з іншими видами діяльності.

На основі проведеного аналізу було висунуто припущення, про те, що для кожного тематичного модуля є доцільним використання різних технічних рішень для якісного та детальнішого розкриття теми. Тому, однією з основних причин необхідності створення класифікації є формування зручного інструменту добору навчальних засобів для розкриття відповідної теми.

**Аналіз технічних засобів для навчання освітньої робототехніки.** Внаслідок аналізу конструкторів та наборів компонентів, що використовуються у процесі навчання основ робототехніки для дітей шкільного віку, було розглянуто відповідні різні освітні технічні рішення (див. табл. 1), призначені для вивчення основних принципів функціонування робототехнічних систем.

У дослідженні виокремлено такі критерії для розробки класифікації зазначених освітніх рішень:

- рекомендований виробником вік учнів для використання;
- мова програмування (якщо підтримується);
- операційна система, що використовується для керування та програмування;
- можливість програмування зі смартфона.

Додатково було проаналізовано такі характеристики:

- країна виробник;
- компанія-виробник;
- основний контролер, що використовуються в головному блоці;
- рік випуску;
- перелік датчиків, що входять до комплектації;
- вартість технічного рішення, актуальна на момент дослідження.

Зважаючи на те, що готових рішень та конструкторів, які компанії реалізують на території України, існує велика та різноманітна кількість, актуальним питанням на сьогодні є розробка кількох ознак класифікацій в залежності від вибору різних критеріїв і засобів навчання. Для створення класифікації було проаналізовано **84 різних технічних рішень**, що можуть бути використані в процесі навчання робототехніки, та виявлено спільні й відмінні риси.

Більшість з проаналізованих робототехнічних наборів можна програмувати з використанням мов програмування (Scratch, Blockly, C++, C, Java, JS, .NET та ін.). Таким чином,, в залежності від мови програмування робототехнічні набори можна класифікувати так:

1. Підтримка візуального програмування (найчастіше це Scratch від Massachusetts Institute of Technology (Массачусетський технологічний інститут) та Blockly від Google).
2. Підтримка високорівневих мов програмування (найчастіше C++ та ін.).
3. без підтримки програмування.

Додатковим критерієм також може бути функція програмування (керування) робототехнічного набору через смартфон та/або планшет:

- Windows, Mac OS, Linux (для програмування роботів з комп'ютера);
- IOS, Android (для програмування роботів з мобільних пристроїв);
- підтримка відсутня.

Інший критерій — рекомендований виробником вік експлуатації, тому таку класифікацію доцільно використовувати у процесі добору робототехнічних засобів для різних вікових категорій :

- до 6 років;
- 6-8 років;
- 8-12 років;
- 12 і старше.

Табл. 1  
Найпоширеніші технічні рішення

Назва	Виробник	Рекомендований виробником вік	Можливість програмування
LEGO «Робототехніка. WeDo 2.0»	LEGO	6	Scratch
LEGO Mindstorms EVE3	LEGO	10	Scratch, C/C++
Ubtech Jimu Robot Inventor level;	Ubtech robotics	8	Blockly
Ryze Tello	DJI	10	Scratch
КИБЕР КОДЕР	BitKit	12	C++, Scratch
MOSS	Modular Robotics	8	Scratch
Brainpad arcade	Brainpad	7	C#, Python, Scratch
Fermi	Impro	10	C++, Scratch

(Ресурс: власна розробка)

Слід зазначити, що згідно із зібраними даними, **технічні рішення для вивчення основ робототехніки** можна поділити на два основні види: *інтерактивні роботи з функцією програмування та набори компонентів для створення роботів або детального дослідження окремих елементів роботизованої системи* (рис. 1).

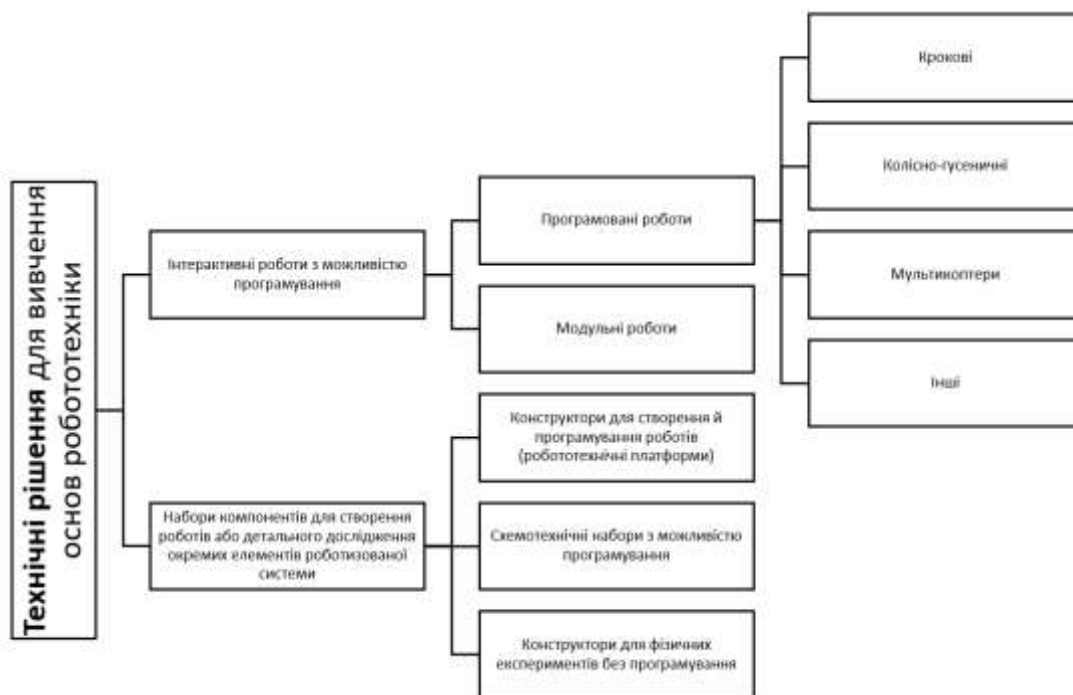


Рис. 1. Класифікація технічних рішень для вивчення основ робототехніки  
(Ресурс: власна розробка)

**Інтерактивні роботи** представлені у вигляді технічного рішення, які можна використовувати для моделювання та програмування “з коробки”. В більшості випадків, в комплекті є додаток для мобільних пристроїв або програма для комп’ютера, за допомогою яких можна програмувати роботу на виконання різних дій. Найчастіше це відбувається з використанням візуальних мов програмування **Scratch** (від MIT) та **Blockly** (від Google). Також часто виробники створюють власні аналоги візуальних навчальних середовищ програмування, але більшість з них мають безкоштовний рушій від Google - **Blockly**.

В деяких роботах, наприклад, **Ubtech Alpha 1 pro**, існує підтримка високорівневих мов програмування типу C та Java. На особливу увагу заслуговують роботи-мультикоптери, що також використовують як навчальний інструмент у вивченні програмування. Наприклад, **Ryze Tello** (рис. 2), розроблений спільно компаніями DJI та Intel, підтримує програмування на **Scratch** й використовується для візуалізації програмних методів.

Інтерактивні роботи з можливістю програмування, в свою чергу, можна поділити на **програмовані** (рис.2) та **модульні роботи**. Основна відмінність між ними в тому, що перші мають цілісну незмінну структуру й можуть переміщуватись, а дизайн модульних роботів можна змінювати, використовуючи наявні в комплекті модулі. Одним з прикладів модульних роботів є MOSS (рис.3).



Рис. 2. Приклад програмованого робота-мультикоптера, Ryze Tello



Рис. 3. Приклад програмованого модульного робота MOSS.

Інтерактивні програмовані роботи можна класифікувати за додатковим критерієм, а саме за типом переміщення мобільної частини: крокові (**Ubtech Alpha 1 pro**), колісно-гусеничні (**Dash&Dot**), мультикоптери (**Ryze Tello**), та інші (**Sphero mini**).

Інша частина запропонованої класифікації стосується **наборів компонентів для створення роботів** або детального дослідження окремих елементів роботизованої системи. Зазвичай конструктори або технічні рішення, які можна використати для дослідження компонентів роботизованої системи, можна також застосувати й для створення повноцінної роботизованої моделі. Наприклад, набори на основі **Arduino** різних версій можуть бути використані для вивчення основ схмотехніки та створення моделей роботів або інших автоматів. З огляду на це, доцільним є їх об'єднання в один клас, який поділяється на:

- конструктори для створення й програмування роботів або **робототехнічні платформи** (Lego, JIMU, MakeBlock, Robobloq);
- схмотехнічні набори з можливістю програмування (Arduino, MicroBit, конструктори на основі STM32);
- конструктори для фізичних експериментів без програмування (“Знаток”, BitKit).

**Робототехнічні платформи** поставляються в коробках (кейсах) для зберігання деталей з основним набором компонентів для кріплення, моторами (в тому числі й сервоприводами), мікроконтролером готовим до програмування з комп'ютера або смартфона, інструкцією зі збору готових моделей роботів та програмний засіб для програмування. Слід зазначити, що вартість таких наборів зазвичай вища, ніж на інші інструменти і коливається від 3 тис. грн. (**MakeBlock**) до 12 тис. грн. (**Lego Mindstorm EV3**) в залежності від комплектації. Усі робототехнічні платформи мають достатньо компонентів для конструювання і програмування як мінімум одного робота з багаторазовою можливістю повтору цих дій. Типовими представниками цього класу є лінійка продуктів **Lego Mindstorm**, **Ubtech Jimu Robot** різних рівнів, **ROBOTIS DREAM** різних рівнів, **Robobloq** різної комплектації, **Makeblock**.

Слід зазначити, що існує широка різноманітність **схмотехнічних наборів з можливістю програмування**, зазвичай на основі **Arduino** різних версій (**Знаток**, **КІБЕРКОДЕР**, **TETRA**, **Амперка**, **Fermi**), але зустрічаються й технічні рішення на основі **Raspberry Pi**, **STM32 (Robotino)** тощо. Як правило, такі комплекти мають розширювальний інтерфейс з додатковими надбудовами, що спрощують процес конструювання та під'єднання периферії. Більшість наборів включають в себе різноманітні датчики, різні типи моторів та інших компонентів. Це пов'язано з тим, що вони є недорогі за вартістю й широко розповсюдженими. Даний вид наборів не обмежує учнів у створенні лише роботів, адже в процесі навчання, можна створювати пристрої для “розумного будинку” і прості автоматизовані моделі, що не входять до поняття “роботизована система”. Це надає можливість більш гнучко створювати пристрої, але, в свою чергу, ускладнює вивчення робототехніки для молодших учасників. Тому найчастіше такі набори рекомендуються для вивчення дітям від 10 років.

Додатково можна виокремити конструктори, що не призначені для створення роботів, але гарно підходять для вивчення основ автоматизації й виконання фізичних експериментів без їх програмування. Це, наприклад, “**Engino STEM**”, “**Fischertechnik**”, “**Lego Наука та технології**”, “**BitKit Гідравлік**” та ін., що також використовуються при вивченні основ робототехніки на початкових етапах, в основному у процесі навчання дітей молодшого віку або на початку вивчення схемотехніки.

#### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Використання роботизованих систем у навчанні, широко відоме, на теперішній час, як “Освітня робототехніка”, “Educational robotics”, “Robotics in education”, все більше набирає обертів як тренд. Про це свідчить як збільшення кількості публікацій на цю тему в наукових виданнях, так і проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою «Методична система навчання основам технології та робототехніки як складової STEM-освіти» за підтримки Міністерством освіти й науки України.

Стрімкий розвиток галузі робототехніки спричиняє потребу в підготовці відповідних кваліфікованих фахівців. Існують різні чинники, що можуть вплинути на швидкість, якість та бюджет проведення занять, тому освітній процес з робототехніки буде ефективним, якщо вчитель володіє актуальними даними про різні освітні інструменти. На переважній більшості гуртків робототехніки використовують схоже технічне та програмне забезпечення. Але, для того, щоб мати змогу гнучко підібрати інструменти для детального розкриття теми та, в результаті, підвищити рівень викладання важливим є володіння знаннями про існування й інших, не менш перспективних, навчальних засобів. У результаті дослідження було запропоновано класифікацію робототехнічних платформ та готових технічних рішень для використання вчителем у процесі навчання учнів основ робототехніки. Зокрема виділено два основні види технічних рішень: інтерактивні роботи та набори компонентів для створення роботів або детального дослідження окремих елементів роботизованої системи. Розроблена класифікація може використовуватись учителями під час організації навчання основам робототехніки, дослідниками освітньої робототехніки.

В перспективах подальших досліджень планується розробка методичних рекомендацій для добору змісту і засобів навчання основ робототехніки учнів закладів середньої освіти.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Струтинська О.В., Баранов С.С. Тенденції розвитку освітньої робототехніки в закладах позашкільної освіти. Фізико-математична освіта. 2019. Випуск 1(19). С. 196-204. DOI: 10.31110/2413-1571-2019-019-1-031. URL: [https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v1-19/2019\\_1-19-Strutynska\\_Baranov\\_FMO.pdf](https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v1-19/2019_1-19-Strutynska_Baranov_FMO.pdf)
2. IFR Press Conference 18th September 2019 Shanghai Welcome to the IFR Press Conference 18th September 2019 Shanghai (дата звернення: 25.09.2021).
3. Maximova, Maria & Kim, Younghwan. Research Trend Analysis on the Usage of Robotics in Education. Issue 12. 2016. p. 45-60. 10.14580/apcj.2016.12.1.45.
4. Наказ міністерства освіти і науки України м. київ від 04 квітня 2018 р. № 323 про проведення експерименту всеукраїнського рівня за темою «методична система навчання основам технології та робототехніки як складової стем-освіти» У 2018-2022 рр. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-provedennya-eksperimentu-vseukrayinskogo-rivnya-za-temoyu-metodichna-sistema-navchannya-osnovam-tehnologiyi-ta-robototekniki-yak-skladovoyi-stem-osviti-u-2018-2022-rokah> (дата звернення: 25.09.2021).



5. Струтинська О.В. Актуальність впровадження освітньої робототехніки в українську школу. Електронне наукове фахове видання "Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету", спецвипуск "Нові педагогічні підходи в STEAM освіті". 2019. С. 324-344. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s30>. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254>, вільний (дата звернення: 25.09.2021).
6. Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами stem-освіти, ISSN: 2076-8184. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Том 65. №3. С. 37-52.
7. Белзецький Р.С., Полторак О.М. Робототехніка як інструмент сучасної технічної освіти Вінницький національний технічний університет. 2017. С. 1-4.
8. Баранов С.С. Робототехніка як складова парадигми навчання stream URL: <https://www.e-journals.npu.edu.ua/index.php/ikt/article/download/164/167>
9. Лучковський А.І., Соколов В.А. Навчальна програма «робототехніка» дослідницько-експериментального напрямку, 3 роки навчання. URL: <https://fc.vseosvita.ua/000url-dcd5.pdf>
10. Збірник навчальних програм з позашкільної освіти дослідницько-експериментального напрямку секції "Робототехніка" / [С.С. Пахачук, І.П. Онішук; упоряд. О.Ф. Бурбела]. Луцьк. 2016. С.40. URL: <http://vvman.lutsk.ua/file/mm7.pdf>
11. Навчальні програми з позашкільної освіти. Науково-технічний напрям / за ред. Шкури Г.А., Ніколайко Н.Ю. К.: УДЦПО, 2018. Вип. 3. С. 117. URL: [http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2018/10/navchalni\\_programi\\_z\\_pozashkilnoi\\_osviti.pdf](http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2018/10/navchalni_programi_z_pozashkilnoi_osviti.pdf)
12. Василюк А.Д., Клименко П.О., Ніфантьєв К.С. Програма курсу за вибором "Робототехніка" для учнів 8-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. 2018. URL: [http://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF\\_PROG\\_WEB.pdf](http://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF_PROG_WEB.pdf)
13. Тарасова Т.С. Навчальна програма з позашкільної освіти науково-технічного напрямку «Робототехніка». Херсон, 2017. 19 с. URL: <https://cnttum.ks.ua/prg.htm>
14. Хоріщенко О.А. Навчальна програма з позашкільної освіти "Основи робототехніки на платформі Arduino" за проектом (BROBOTS) початковий і основний рівні. URL: [http://ocntt.dp.ua/diialnist/navchalni-prohramy/item/download/778\\_5870ed2b28ad5ad3a78741c912f6e1ad](http://ocntt.dp.ua/diialnist/navchalni-prohramy/item/download/778_5870ed2b28ad5ad3a78741c912f6e1ad) (дата звернення: 25.09.2021).
15. Лисенко Т.І., Шевель Б.О. Основи робототехніки. URL: <http://vynahidnyk.org/files/Doc2.doc> (дата звернення: 25.09.2021).
16. Шолом П.С., Здолбіцький А.П., Жигаревич О.К., Яручик В.Л. Роботизована система з дистанційним керуванням. Науковий журнал "Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво". Луцьк. 2015. Вип. 19. С. 86-90.
17. Morze, N., Smyrnova-Trybulska, E., & Boiko, M. (2019). The Impact of Educational Trends on the Digital Competence of Students in Ukraine and Poland. E-learning and STEM Education Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska "E-learning", 11, Katowice-Cieszyn 2019, pp. 365-379. DOI: 10.34916/el.2019.11.23.
18. Strutyńska, O., & Umryk, M. (2019). Learning StartUps as Project Based Approach in STEM Education In: E. Smyrnova-Trybulska (ed.). E-learning and STEM Education "E-learning". Vol. 11. pp. 529-555. Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/2020/01/E-learning-11.pdf>
19. Anisimova, T.I., Sabirova, F.M., Shatunova, O.V. (2020). Formation of Design and Research Competencies in Future Teachers in the Framework of STEAM Education.

- International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), Vol. 15, Issue. 02, pp. 204-217, jan. 2020. ISSN 1863-0383. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>. Retrieved from: <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/11537>
20. Гриневич Л.М., Морзе Н.В., Бойко М.А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. Т. 77, №3. С. 1-26. <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980>. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3980/1659>
  21. Strutynska, O.V., Torbin, G.M., Umryk, M.A. & Vernydub, R.M. (2020). Digitalization of the educational process for the training of the pre-service teachers. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2879, pp. 179-199 (2020). 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020), 18 December 2020 (Kryvyi Rih, Ukraine). Retrieved from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper07.pdf>
  22. Alimisis, D. (2019). Teacher Training in Educational Robotics: The ROBOESL Project Paradigm. Technology, Knowledge and Learning. Vol. 24, Issue 2, pp 279-290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9357-0>.
  23. Sung Eun Jung & Eun-sok Won, Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children. Sustainability, 2018, 10, 905; doi: 10.3390/su10040905. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/905/htm>
  24. Валько Н.В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін. Інформаційні технології в освіті. 2019. № 3 (40). ISSN 1998-6939. DOI: 10.14308/ite000701. URL: <http://ite.kspu.edu/issue-40/p-38-47/full>

*Матеріал надіслано до редакції 06.10.2021р.*

## **CLASSIFICATION OF ROBOTIC PLATFORMS AND READY-MADE TECHNICAL SOLUTIONS FOR TEACHING PUPILS THE ROBOTICS FUNDAMENTALS**

**Serhii Baranov**

MSc of Computer Science, PhD Student, Department of the Information technology and programming  
National Dragomanov Pedagogical University, Kyiv, Ukraine  
[s.baranov@std.npu.edu.ua](mailto:s.baranov@std.npu.edu.ua)  
ORCID: 0000-0001-9204-0891

**Abstract.** The use of robotics systems in education also known as "Educational robotics", "Robotics in education" is gaining popularity as a trend. This is evidenced by the increase in the number of publications on this topic in scientific journals and conducting an experiment at the national level on "Methodological system of teaching the basics of technology and robotics as part of STEM-education" by the Ministry of Education and Science of Ukraine. The rapid development of the robotics industry necessitates training of appropriately qualified specialists. However, school remains a traditional place to master basic competencies needed to determine the professional orientation of a person, and familiarity with robotics increases the chances of students choosing this area of activity in the future. Teachers mainly choose the most common technical tools for teaching robotics, which has both advantages and disadvantages. It is important to develop a classification of educational technical solutions that already exist and are used in the process of teaching the basics of robotics at school. The paper analyzes sets of components used in teaching the basics of robotics for school-aged children, explores 84 different technical solutions that can be used in the process of learning robotics, and identifies common and distinctive features. As a result of the research a classification of robotic platforms and ready-made technical solutions was offered for use by teachers in the process of teaching students the basics of robotics. In the perspective of further research, it is planned to develop methodological recommendations for the selection of content and means of teaching the basics of robotics to secondary school pupils.

**Keywords:** educational robotics; robotic platform; basics of robotics; fundamentals of robotics; Lego platform; Arduino platform

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Strutynska, O.V. & Baranov, S.S. (2019). Development Trends of the Educational Robotics in Out-of-school Institutions. *Physical and Mathematical Education*. 2019. Issue 1(19). pp. 196-204. DOI: 10.31110/2413-1571-2019-019-1-031. [https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v1-19/2019\\_1-19-Strutynska\\_Baranov\\_FMO.pdf](https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2019-v1-19/2019_1-19-Strutynska_Baranov_FMO.pdf) (in Ukrainian).
2. IFR Press Conference 18th September 2019 Shanghai Welcome to the IFR Press Conference 18th September 2019 Shanghai (in English).
3. Maximova, Maria & Kim, Younghwan. (2016). Research Trend Analysis on the Usage of Robotics in Education. #12. p.45-60. 10.14580/apcj.2016.12.1.45.
4. Ministry of Education and Science of Ukraine. By fourth of april 2018 number 323 on the experiment national level on "methodical system of teaching the basics technologies and robotics as a component of STEM Education" in 2018-2022 <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-provedennya-eksperimentu-vseukrayinskogo-rivnya-zatemoyu-metodichna-sistema-navchannya-osnovam-tehnologiyi-ta-robototekhniki-yak-skladovoyi-stem-osviti-u-2018-2022-rokah> (in Ukrainian).
5. Strutynska, O.V. (2019). Actuality of Implementation of Educational Robotics in Ukrainian School. *Open educational e-environment of modern University*, special edition. pp. 324-344. ISSN: 2414-0325. DOI: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s30>. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/254>, viljnyj (in Ukrainian).
6. Morze, N.V., Ghladun, M.A. & Dzjuba, S.M. (2018). formation of key and subject competencies of students by robotic technical means of stem-education (in Ukrainian).
7. Belzecjkyj, R.S. & Poltorak, O.M. (2017). Robotics as a tool of modern technical education (in Ukrainian).
8. Baranov, S.S. Robotics as a component of the stream learning paradigm <https://www.e-journals.npu.edu.ua/index.php/ikt/article/download/164/167> (in Ukrainian).
9. Luchkovsjkyj, A.I., Sokolov, V.A. Curriculum "robotechnics" research and experimental direction 3 years of study Authors: <https://fc.vseosvita.ua/000ur1-dcd5.pdf> (in Ukrainian).
10. Pakhachuk, C.C. & Onishhuk, I.P. (2016). Collection of educational programs on out-of-school education of research and experimental direction of the section "Robotics". Lutsk. p. 40. <http://vvman.lutsk.ua/file/mm7.pdf> (in Ukrainian).
11. Curricula for extracurricular education. (2018). Scientific and technical direction Shkury Gh.A., Nikolajko N.Ju. K.: UDCPO. Issue 3. p. 117. [http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2018/10/navchalni\\_programi\\_z\\_pozashkilnoi\\_osviti.pdf](http://www.grani.in.ua/wp-content/uploads/2018/10/navchalni_programi_z_pozashkilnoi_osviti.pdf) (in Ukrainian).
12. PROGRAM of the elective course "Robotics" for students of 8-9 grades of secondary schools Author's team: Vasyljuk Anatolij Dmytrovych, Klymenko Pavlo Oleksijovych, Nifantjjev Kostjantyn Serghijovych. [https://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF\\_PROG\\_WEB.pdf](https://ies.org.ua/wp-content/uploads/2018/08/GRIF_PROG_WEB.pdf) (in Ukrainian).
13. Curriculum for extracurricular education in science and technology "Robotics" (2017). Kherson. <https://cnttum.ks.ua/prg.htm> (in Ukrainian).
14. Khorishhenko O.A. Curriculum for extracurricular education "Fundamentals of Robotics on the Arduino platform" for the project (BROBOTS) initial and basic levels

- [http://ocntt.dp.ua/diialnist/navchalni-prohramy/item/download/778\\_5870ed2b28ad5ad3a78741c912f6e1ad](http://ocntt.dp.ua/diialnist/navchalni-prohramy/item/download/778_5870ed2b28ad5ad3a78741c912f6e1ad) (in Ukrainian).
15. Lysenko, T.I. & Shevelj, B.O. Fundamentals of Robotics <http://vynahidnyk.org/files/Doc2.doc> (in Ukrainian).
  16. Sholom, P. S., Zdolbitsky, A. P., Zhigarevich, O. K. & Yaruchik, V. L. (2015). Robotic system with remote control. Scientific journal "Computer-integrated technologies: education, science, production". Lutsk, V 19. p. 86-90. (in Ukrainian).
  17. Morze, N., Smyrnova-Trybulska, E., & Boiko, M. (2019). The Impact of Educational Trends on the Digital Competence of Students in Ukraine and Poland. E-learning and STEM Education Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska "E-learning", 11, Katowice-Cieszyn 2019, pp. 365-379. DOI: 10.34916/el.2019.11.23.
  18. Strutynska, O., & Umryk, M. (2019). Learning StartUps as Project Based Approach in STEM Education In: E. Smyrnova-Trybulska (ed.). E-learning and STEM Education "E-learning". Vol. 11. pp. 529-555. Katowice-Cieszyn: Studio Noa for University of Silesia. <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/2020/01/E-learning-11.pdf>
  19. Anisimova, T.I., Sabirova, F.M. & Shatunova, O.V. (2020). Formation of Design and Research Competencies in Future Teachers in the Framework of STEAM Education. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), Vol. 15, Issue. 02, pp. 204-217, jan. 2020. ISSN 1863-0383. doi: <http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>  
<https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/11537>
  20. Hrynevych, L.M., Morze, N.V. & Boiko, M.A. (2020). Scientific education as a basis for the formation of innovative competence in the context of digital transformation of society Information technologies and teaching, P. 1-26 <https://doi.org/10.33407/itlt.v77i3.3980>. <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3980/1659>
  21. Strutynska, O.V., Torbin, G.M., Umryk, M.A. & Vernydub, R.M. (2020). Digitalization of the educational process for the training of the pre-service teachers. CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2879, pp. 179-199 (2020). 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020), 18 December 2020 (Kryvyi Rih, Ukraine). <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper07.pdf>
  22. Alimisis, D. (2019). Teacher Training in Educational Robotics: The ROBOESL Project Paradigm. Technology, Knowledge and Learning. Vol. 24, Issue 2, pp 279-290. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9357-0>.
  23. Sung Eun Jung & Eun-sok Won, Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children. Sustainability, 2018, 10, 905; doi: 10.3390/su10040905. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/905/htm>
  24. Valko, N.V. (2019). Robotics as a pedagogical tool of training future teachers of natural sciences and mathematics. Information technology in education., № 3 (40). ISSN 1998-6939. DOI: 10.14308/ite000701. <http://ite.kspu.edu/issue-40/p-38-47/full> (in Ukrainian).