

РЕАЛІЗАЦІЯ STEM-ПРОЄКТІВ ЯК ОСНОВА ІНТЕГРАЦІЇ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ

Анотація: У статті розглядається актуальна сьогодні тема реалізації навчальних проєктів на уроках природничо-математичного циклу та в позаурочній діяльності засобами робототехніки. Автори доводять підвищення ефективності освітньої діяльності при застосуванні навчальних проєктів у контексті формування міжпредметних та міжгалузевих зв'язків та формуванні ключових компетентностей здобувачів освіти на рівні загальної освіти.

Ключові слова: проєктна діяльність, інтеграція природничо-математичних дисциплін, міжпредметні зв'язки, міжгалузєва інтеграція, робототехнічні комплекси, навчальні роботи, навчальні проєкти.

Abstract: This article examines the topical issue of integrating educational projects into science and mathematics lessons, as well as into extracurricular activities using robotics. The authors demonstrate the increased effectiveness of educational activities through the use of educational projects in the context of fostering interdisciplinary and intersectoral connections and developing key student competencies at the general education level.

Keywords: project activities, integration of natural and mathematical disciplines, interdisciplinary connections, intersectoral integration, robotic systems, educational robots, educational projects.

Вступ. Сучасний стан розвитку суспільства характеризується стрімким технічним і технологічним прогресом, що вимагає від випускника закладу загальної середньої освіти не лише сформованої бази знань, а й вміння їх використовувати у подальшому житті. Саме тому, актуальні нормативно-правові акти: Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року [11], Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) [12], Державні стандарти [9; 10], модельні навчальні програми з окремих дисциплін та інтегрованих курсів спрямовані на те, щоб змістити акцент із диференційованого відокремленого навчання, в основі якого лежить пасивне засвоєння фактів, на активне їх використання в різноманітних практичних ситуаціях та широку інтеграцію знань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням аспектів природничо-математичних методик їх навчання, визначення



категоріального апарату, методології досліджень сучасного стану і попередніх здобутків природничо-математичної галузі знань та її інтеграції з іншими галузями знань досліджували І. Козловська, В. Ільченко, С. Гончаренко, І. Бех, Н. Бібік, К. Гуз, Т. Засєкіна, А. Степанюк, О. Савченко, Ю. Мальований, О. Ляшенко, М. Мартинюк, О. Топузов, Т. Назаренко, Л. Величко, Н. Буринська, О. Бугайов, М. Головка, Є. Коршак, Т. Коршевнюк, Т. Байбара та інші.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Як зазначає Т. Засєкіна: «У всьому світі зараз акцентовано увагу саме на вивченні природничих предметів, математики і технологій. Незважаючи на зусилля в популяризації природничих наук і математики, незначна кількість випускників виявляють бажання обирати їх для майбутньої професійної діяльності. Окрім того, останнім часом в Україні все

помітніше проявляється тенденція зниження рівня природничо-математичної підготовки учнів закладів загальної середньої освіти.

... Однією з причин є фрагментарність знань, невміння розв'язувати комплексні (ситуаційні, контекстні) завдання, що потребують синтезу та інтеграції. Це вкотре підтверджує, що саме природнича освіта має бути інтегрованою як усередині самої системи природничої освіти, що забезпечує взаємне проникнення й узгодження окремих природничих предметів, так й інтегрованою в систему шкільної освіти як елемент, що взаємоузгоджується з іншими галузями, насамперед із математичною, інформатичною, технологічною та здоров'язбережувальною» [7, с.175].

Можна констатувати, що основною проблемою традиційного навчання на сучасному етапі є його «фрагментарність», відокремленість від практики, неузгодженість навчального матеріалу між різними галузями знань. Наприклад, учень вивчає дифузію на фізиці, але не завжди пов'язує її з процесами в клітині на уроці біології, або розв'язує лінійні чи квадратні рівняння на математиці, не розуміючи, як вони описують траєкторію руху об'єкта. Саме тому, під час навчання важливим є формування у здобувачів освіти компетентності екстраполяції вивченого матеріалу на реальні природні явища, об'єкти та процеси, використовуючи математичний апарат та цифрові технології.

Проектна діяльність у цьому контексті може виступати засобом міжпредметної та міжгалузевої інтеграції, що розвиває у здобувачів освіти навички використання здобутих знань у практичних ситуаціях, які виходять за межі тематичного уроку. А для вчителя проектна діяльність може значно розширити спектр завдань, які можна

поставити перед уроком, та дидактичний інструментарій для їх досягнення. Серед таких можна виділити:

1. Розвиток логічних навичок: формування в учнів навичок цілісного сприйняття світу.

2. Розвиток аксіологічних навичок: формування в учнів навичок використання цілісної бази знань для розв'язання конкретної інженерної чи дослідницької задачі.

3. Розвиток м'яких навичок (soft skills) за допомогою роботи в команді, розвитку критичного мислення, та формування в учнів навичок презентації результатів [1; 4].

Виходячи з цього, метою статті є показати напрями та підвищення ефективності використання навчальних проєктів міжпредметного змісту в освітньому процесі та позаурочній діяльності.

Виклад основного матеріалу дослідження. В цілому можна зазначити, що кожна природнича дисципліна виступає зручним стартовим компонентом для реалізації STEM-освіти, оскільки зміст цих дисциплін взаємопов'язаний. Приклади реалізації міжпредметних зв'язків природничих дисциплін при реалізації навчальних проєктів відображено в таблиці 1.

Урок фізики є класичним прикладом фундаменту міжгалузевої інтеграції, оскільки загальною метою цієї навчальної дисципліни є формування цілісної наукової картини світу як складового компонента всебічно розвинутої особистості здобувача освіти, що має навички самостійно здобувати знання та застосовувати їх для розв'язання практичних завдань.

Фізика як провідний компонент, навколо якого можна здійснювати міжпредметну та міжгалузеву інтеграцію, дозволяє це робити

Таблиця 1

Приклади реалізації міжпредметних зв'язків природничих дисциплін при реалізації навчальних проєктів

Предмет	Роль у проєкті	Конкретна активність учня
<i>Фізика</i>	Енергетика та оптика	Розрахунок споживання енергії світлодіодами; вивчення закону Ома в колі робота.
<i>Математика</i>	Моделювання	Обчислення алгоритму повороту маніпулятора; робота з великими даними (Big Data) з датчиків.
<i>Географія</i>	Урбаністика та екологія	Аналіз розташування сонячних панелей відносно сторін світу для кращої інсоляції.
<i>Біологія</i>	Екосистема	Автоматизація контролю вологості для кімнатних рослин за допомогою датчиків mBot.
<i>Хімія</i>	Матеріалознавство	Тестування різних типів акумуляторів (Li-ion vs Ni-MH) та їхньої місткості.

через такі види діяльності як:

- реалізація навчальних проєктів;
- набуття навичок розв'язування практикоорієнтованих та прикладних задач;
- здійснення навчального фізичного експерименту;
- опанування нового матеріалу;
- евристична пошукова діяльність.

Навчальні проєкти є одним із комплексних ефективних інструментів реалізації зазначеної мети і завдань, що передбачають як теоретичну, так і практичну інтеграцію знань з природничих наук, математики, технологій.

Для підвищення мотивації у здобувачів освіти до більш активної і свідомої участі в освітньому процесі, організувати проєктну діяльність на уроках фізики можна за допомогою конструкторів, серед яких можна виділити LEGO Education Spike Prime, Makeblock mBot, Robot Master, Arduino та інші. Наявність в освітньому процесі таких конструкторів розширює можливості учителя вирішувати як на уроках фізики, так і в позаурочний час комплексні навчальні завдання у таких традиційних складових

освітнього процесу, як розв'язування задач, навчальний фізичний експеримент, вивчення нового матеріалу, пошуковій та експериментальній діяльності, оскільки застосування зазначених робототехнічних платформ дозволяє перетворювати абстрактні математичні моделі на реальні фізичні об'єкти, що рухаються та виконують певні дії.

В цілому, кожна з перерахованих платформ має певні особливості використання, що надає можливості вчителям різних навчальних дисциплін складати різноманітні завдання, спрощуючи чи ускладнюючи їх. Наприклад, LEGO Education можна використовувати на уроках фізики для дослідження механічних процесів за допомогою різноманітних датчиків (кольору, освітленості, дальності, сили, ультразвуку, гіроскопів тощо). Ті ж самі механічні явища можна досліджувати за допомогою Makeblock mBot за допомогою датчиків відстані та кольору. Порівняльна інформація особливостей застосування навчальних робототехнічних платформ представлена в Таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз робототехнічних платформ

Характеристика	Навчальна робототехнічна платформа		
	LEGO Education (Spike Prime / EV3)	Makeblock mBot (mBot 2 / Explorer)	DJI RoboMaster S1
Клас	5–8 класи	6–9 класи	9–11 класи, гуртки, МАН
Складність збірки	Середня (модульна система, без гвинтів)	Середня (потребує роботи з викруткою та дрібними деталями)	Висока (складна інженерна конструкція, багато вузлів)
Мови програмування	Scratch (блочне), Python	Scratch (mBlock), Python	Python, C++
Інтеграція з предметами	Фізика: механіка, передачі. Математика: геометрія	Географія: картографія. Інформатика: IoT, датчики	Фізика: векторна динаміка. IT: штучний інтелект (AI)
Датчики	Колір, сила, ультразвук, гіроскоп	Ультразвук, лінія, світло, звук, акселерометр	Камера з ШІ, інфрачервоні детектори, датчик удару, мікрофон
Мобільність та шасі	Класичні колеса або гусениці	Два ведучих колеса + опорне (диференціальний привід)	Колеса для руху в усіх напрямках
Методичний потенціал	Найкращий для швидких експериментів на уроці	Оптимальний для тривалих проєктів та еко-моніторингу	Найкращий для наукових досліджень та змагань



Практика впровадження робототехнічних комплексів (LEGO, mBot, RoboMaster) в освітній процес показує, що роль вчителя в організації освітнього процесу змінюється з «транслятора знань» на «фасилітатора» та «ментора». Для успішної реалізації проєктів за допомогою робототехнічних комплексів (LEGO, mBot, RoboMaster) важливим фактором є організація діяльності здобувачів освіти не фронтально, а через змішані групи по 3–4 особи, де кожен має свою роль, наприклад «Інженер», який займається збіркою виробу, «Програміст», що пише код для роботів, «Математик-аналітик», який робить розрахунки та графіки та «Спікер», що презентує результати. Така організація проєктної діяльності стимулює розвиток м'яких навичок у здобувачів освіти.

При організації проєктної діяльності здобувачів освіти, важливо враховувати дидактичний принцип переходу від простого до складного, тобто від базових, інтуїтивно зрозумілих елементів, до складних комплексних конструкцій, щоб забезпечити логіку освітнього процесу. При роботі з робототехнічними комплексами це може реалізовуватись через диференційовану систему організації освітньої діяльності: робота за готовими інструкціями з простими конструкціями з базовим функціоналом → робота за готовими інструкціями зі складними конструкціями з розширеним функціоналом → робота без інструкцій з конструкціями відкритого типу (створення, модернізація, адаптація тощо).

Під час оцінювання результатів діяльності здобувачів освіти, вчитель має оцінювати сам процес діяльності здобувачів освіти, а не тільки готовий результат проєкту. Оцінюванню підлягає звіт здобувача освіти, де описано хід роботи, думок, динаміка розвитку проєкту, аналіз і здійснені дії з виправлення помилок.

Робота з реалізації проєктів за допомогою робототехнічних комплексів допомагає вчителю адаптувати роботу до сучасних реалій інформаційного середовища, використовуючи для цього сервіси віртуального моделювання процесів типу Open Roberta Lab або Tinkercad, за допомогою яких здобувачі освіти можуть перевіряти програмний код перед запуском на фізичному пристрої.

Використання робототехнічних комплексів адаптоване для різних типів уроків у різних природничих навчальних дисциплінах,

переформовуючи їх структуру та зміст. Наприклад, на уроці фізики з теми закон збереження імпульсу можна дітям задати завдання дослідити фізичну дію цього закону за допомогою сконструйованого робота. Саме під час такої діяльності в здобувача освіти розвиваються інженерні, конструкторські, технологічні, логічні та комунікативні навички. Таке завдання також цікаве тим, що, завдяки дотриманню важливого дидактичного принципу зв'язку навчання із життям, здобувач освіти фізично може побачити дію цього закону, яке забезпечить мимовільне запам'ятовування необхідного матеріалу.

Такі типи завдань переформовують уроки, підвищуючи мотивацію здобувачів освіти через відхід від традиційних форм організації освітнього процесу з такими обов'язковими компонентами як: робота в зошиті, з підручником, з презентаціями, ігровими формами роботи до нестандартних форм організації уроку за допомогою робототехнічних комплексів. Тому організація навчального процесу за допомогою робототехнічних наборів підвищує мотивацію учнів до навчального процесу, оскільки вони така форма роботи для них є новою і цікавою. Наприклад, дослідження швидкості руху за допомогою сконструйованого спідометру.

Цей же принцип, дотриманий при організації лабораторних робіт, значно підвищує його ефективність. Наприклад, при виконанні лабораторної роботи визначення часу та швидкості як фізичних величин можна виконати за допомогою сконструйованих роботів, використання здобувачами освіти знань з інформатики (під час програмування роботів), з робототехніки (під час конструювання цих роботів) та фізики (безпосередньо для систематизації вимірюваних величин) показує зв'язок навчання із життям, реалізоване через міждисциплінарних зв'язки.

Організація навчальних занять, які базуються на засадах STEM-освіти, показує ефективність не лише на уроках фізики, а й інших природничих дисциплінах. Наприклад, на уроках хімії можна досліджувати хімічні властивості речовин за допомогою роботів та їх датчиків, які здатні вимірювати колір, концентрацію, іноді навіть склад хімічних речовин.

На уроках географії, наприклад, при вивченні масштабу, коли здобувачів освіти



вивчають умовні позначення на картах місцевості, можна урізноманітнити урок конструюванням робота, який буде рухатися по такій карті, уникаючи перешкод у вигляді боліт та гір. Класичну тему вітрів також можна урізноманітнити, давши учням завдання сконструювати такого робота, який вимірюватиме силу вітру за допомогою різноманітних датчиків.

Урок біології також можна урізноманітнити дидактичними матеріалами, оскільки деякі теми, наприклад анатомія людини, важко засвоюються учнями без фізичного сприйняття. Саме такі важкі теми і доречно пояснювати із використанням технологій STEM-освіти, оскільки під час формування у здобувача освіти одночасно декількох навичок, інформація запам'ятовується в комплексі, швидше та ефективніше.

Якщо вести мову про математику та інформатику, то будь-який вищезгаданий проєкт не може обійтись без використання здобувачами освіти знань з цих предметів, бо для успішного виконання поставлених завдань на уроках для роботів необхідно писати програмний код та робити різні обрахунки у вигляді систематизації інформації, що представлена у вигляді значень різних математичних, фізичних, хімічних величин.

Але, беручи до уваги саме уроки інформатики та математики, то так само як і на уроках інших навчальних дисциплін, їх можна урізноманітнити завданнями із використанням робототехнічних наборів, розвиваючи при цьому різноманітні навички. Наприклад, на уроці математики, під час вивчення теми багатокутники, можна задавати роботу різноманітні значення довжин чи кількості сторін, і, використовуючи задані параметри, робот описуватиме траєкторією руху різноманітні фігури. Під час вивчення координатної площини можна дати здобувачам освіти завдання сконструювати такого робота, який буде рухатися за заданими координатами в програмному коді. Під час виконання цих завдань учні одночасно і закріплюють знання на практиці, і розвивають при цьому міжпредметні навички, в нашому випадку навички з предметів математики, інформатики та робототехніки.

На інформатиці кожен урок з програмування в середовищі Scratch, наприклад, можна поєднувати із робототехнікою, перевіряючи написані

коди на практиці. Програмові класичні завдання, малювання геометричних фігур, рух заданого об'єкта можна також урізноманітнити. Наприклад, задати здобувачам освіти завдання сконструювати сейф із програмним кодом для його відкриття чи створити справжній світлофор який мінатиме колір залежно від руху об'єкта.

Іншим прикладом використання міжпредметних зв'язків є виконання проєкту з фізики «Розумний кран: дослідження простих механізмів». Він об'єднує відомості з механіки, математики та алгоритмічних підходів з інформатики, в напряму дослідження роботи важелів, блоків, поліспаствів, зубчатих передач тощо. Виконання проєкту передбачає розробку конструкції та збирання діючої моделі підйомного крану з використанням сервомоторів для обертання та підйому, системи зубчастих передач (редукторів), датчиків сили (для вимірювання ваги вантажу в реальному часі), системи рухомих та нерухомих блоків.

При виконанні проєкту здобувачі освіти використовують знання з різних предметів: зокрема, з фізики поняття ККД (коефіцієнта корисної дії), як відношення корисної роботи Акор до повної роботи Апов, яку виконав двигун (через показники споживаної енергії або програмні параметри потужності та часу). Також необхідно пригадати правило моментів сили, властивості важеля, рухомих, нерухомих блоків та їх систем за допомогою яких здійснюється розрахунок рівноваги крана, вантажопідйомність, навантаження на стрілу.

З математики необхідні формули з геометрії для обчислення довжини дуги, яка описується стрілою крана при повороті на певний кут. Для обрахунку робочих параметрів майбутнього кінцевого виробу здобувачам освіти необхідно дослідити функціональну залежність швидкості підйому вантажу від потужності мотора та побудувати графік цієї залежності. Старшокласникам можна ускладнювати завдання, наприклад, додати здійснення ними розрахунку висоти підйому через кут нахилу стріли, що вивчається ними в курсі тригонометрії.

З інформатики у цьому проєкті необхідні компетентності з написання програмового коду для функціонування виробу, що передбачає складання алгоритму, при якому кран автоматично зупиняє підйом, якщо

датчик сили фіксує перевищення допустимої ваги (захист від перевантаження). Для виконання цього завдання використовуються блоки умов (з логічними операторами IF (force_sensor > limit), THEN (stop_motor), ELSE) для виконання циклу постійного опитування датчиків у фоновому режимі.

Важливо зазначити, що проєктна діяльність може бути організована не тільки в контексті окремої форми роботи, а й бути інтегрована у звичайний навчальний процес, як виконання практичної роботи. Наприклад, виконання учнями практичної роботи «Визначення середньої швидкості руху робота» за допомогою LEGO Education Spike Prime [2]. Здобувачам освіти на уроці пропонується поексплуатувати мобільного робота, який конструктивно оснащений датчиками обертання коліс, що дозволяє точно вимірювати кількість обертів колеса та, відповідно, пройдену відстань. Вбудований датчик швидкості/прискорення дозволяє знімати інформацію про залежності $S(t)$, $S(v)$, $v(t)$ та одразу відобразити її у графічному або табличному форматах. Інтеграція робота з комп'ютером або планшетом із програмним забезпеченням для програмування робота та збору даних потенційно розвиває навички програмування та роботи з математичним апаратом одночасно, оскільки здобувачу освіти необхідно використовувати базу знань з математики під час виконання цієї роботи для перевірки згенерованої математичної інформації щодо залежності показників $S(t)$, $S(v)$, $v(t)$. Формулювати завдання, організувати роботу та акцентувати увагу на певних компонентах знань можна по-різному, диференціюючи їх. Це стимулює здобувачів освіти до проведення власних експериментальних досліджень, сприяє розвитку їхньої дослідницької компетентності [5].

Для реалізації міжпредметних зв'язків на уроках фізики також можна використовувати роботів серії mBot (Makeblock) як зручний інструмент призначений саме для вікової категорії дітей середньої ланки школи (5–9 класи). Наприклад, виконання проєкту «Автономна метеостанція та картографування мікроклімату», завданням якого є вивчення залежності температури та вологості від особливостей ландшафту (тінь, близькість до водойми, тип ґрунту) та створення цифрової карти місцевості [3].

На відміну від попереднього прикладу, для реалізації зазначених завдань здобувачу освіти необхідно використовувати більшу кількість знань з різноманітних галузей. Використовуючи mBot як мобільну платформу для збору даних, учні використовуватимуть знання і навички, що набували на географії. Наприклад, для виконання проєкту учням необхідно знати поняття азимуту та координат, оскільки вони програмують робота рухатися за певним маршрутом (наприклад, по периметру шкільного подвір'я) [3].

На уроках біології роботизовану платформу mBot можна оснастити датчиками вологості ґрунту, освітленості, температури, які дозволять вимірювати температурний фон, рівень освітленості у різних точках ділянки, що дасть можливість аналізу інформації на придатність ділянки для висадки певних видів рослин (світлолюбних чи тіньовитривалих). Цю інформацію учні можуть поглиблювати, визначивши точки із критично низькою вологістю ґрунту, що потребують автоматичного поливу [3].

Міжпредметні зв'язки у цьому випадку реалізуються під час визначення здобувачами освіти залежності температури та вологості від особливостей ландшафту, оскільки їм необхідно використовувати базові знання з математики для обчислення середньоденної температури на основі інформації від робота. Для систематизації цієї інформації, здобувачам освіти необхідно створювати діаграми та графіки залежності «освітленість – час» або «вологість – відстань від джерела води».

Функціональні можливості платформи дозволяють також вимірювати площі досліджуваних ділянок на основі розрахунку пройденого роботом шляху та кутів повороту, за геометричними формулами.

Знання з інформатики здобувачам освіти потрібні для програмування алгоритмів роботи робота в середовищі mBlock (на основі Scratch або Python).

Як видно з вищевикладеного, практика широкого використання STEM-проєктів в освітньому процесі, дає комплексний результат: розвиває міжпредметні зв'язки, підвищує мотивацію та ефективність освітнього процесу, стає більш прикладним та практикоорієнтованим. Одна з природничих дисциплін (фізика, біологія, хімія, географія) в цих аспектах виступає базою, яка використовується для досліджень

природних процесів, явищ, закономірностей, особливостей оточуючого світу, а інші навчальні дисципліни доповнюють функціонал уроку своїм додатковим інструментарієм для цих досліджень.

Крім звичайного освітнього процесу, що організовується за допомогою класно-урочної системи, проектну діяльність можна ефективно використовувати й в позаурочний час у формі гурткової роботи. Така форма організації освітнього процесу має більше можливостей, оскільки гурткові заняття, на відміну від традиційних уроків, обмежуються лише наявною матеріально-технічною базою, а творчий підхід до вибору тематики, форм, методів, прийомів роботи надає вчителю широкі можливості не тільки поглиблювати знання з певного предмету, а й розширювати арсенал вмінь та навичок, що формуються в учневі.

Як приклад такої діяльності, наведемо результати роботи тематичного гуртка «Робототехніка», висвітлені у статті [14]. Як видно з наведених матеріалів, гурток дозволяє реалізовувати ключові підходи не лише у міжпредметній, а й у міжгалузевій інтеграції, в основі якої лежить поєднання теорії та практики з різних сфер: інженерії, мехатроніки, програмування, технологій, дизайну, маркетингу.

Для педагога, що працює в такому гуртку важливим є комплексне використання методологічних підходів з різних галузей знань для реалізації STEM-освіти. Серед таких підходів можна виділити здійснення творчого пошуку на стикових областях різних наук; потенційну можливість реалізації ідей здобувачів освіти щодо конструкції, комплектації, призначення, функціоналу робототехнічних комплексів.

Такий підхід дозволяє розкривати не лише зміст окремих дисциплін, а й бачити аспекти їх комплексного застосування у реальному житті, зокрема у виробничих процесах та побуті, створюючи звичні для нас повсякденні речі [14].

В цілому, метою та завданнями таких гуртків є реалізація змісту Державних стандартів освіти [9, 10] в частині інтеграції змісту природничої, інформатичної, математичної та технологічної галузей, та практико-орієнтоване спрямування освітнього процесу, набуття здобувачами освіти критично-необхідних життєвих компетентностей, визначених у міжнародних цілепокладаючих документах [1], [4], які

зроблять їх конкурентоспроможними на ринку праці. До таких ми відносимо:

1. Уміння працювати в умовах великих об'ємів інформації, запаралелення інформаційних процесів, здатність до їх обробки та виділення необхідної інформації, критичне мислення.

2. Уміння працювати та керувати технічними пристроями різної складності, складними автоматизованими комплексами, володіння навичками ІКТ.

3. Навички міжгалузевої комунікації (розуміння технологій, процесів та їх динаміки в різних суміжних і несуміжних галузях).

4. Уміння управляти проектами і процесами з використанням цифрових технологій.

5. Багатомовність і мультикультурність (вільне володіння англійською та знання другої мови, розуміння національного і культурного контексту країн-партнерів, розуміння специфіки роботи у галузях в інших країнах).

6. Комунікативність (уміння працювати в колективі, групі та з окремими людьми), організаторські здібності, лідерські риси.

7. Робота в режимі високої невизначеності і швидкої зміни умов завдань (оцінювання можливих ризиків, швидкість прийняття рішення, реагування на зміну умов роботи, розподіл ресурсів і управління своїм часом), стресостійкість.

8. Системне (вміння визначати складні системи і працювати з ними) та логічне мислення.

9. Здатність до ініціативності, творчості, креативність, наявність розвиненого естетичного смаку.

10. Екологічна культура (врахування цивілізаційних тенденцій до раціонального природокористування та енергозбереження), соціальна відповідальність [6, с.87].

Формування таких навичок на заняттях гуртка «Робототехніка» можливе через здійснення проектної діяльності, яка зв'язує поняття «проект» і «проектування» через призму промислової практики [14]. Реалізація такої проектної діяльності «здійснюється за алгоритмом проектування промислових виробів, що складається з декількох етапів: підготовчий етап (етап дослідження), що містить в собі етап ескізного проектування, етап художньо-конструкторського проектування, етап робочого проектування, етап збірки

прототипу, випробувальний етап (дослідно-експериментальної перевірки прототипу). Всі етапи відображають реальну організацію праці на сучасних підприємствах при створенні та конструюванні нових виробів» [14, с.109].

Важливою частиною гуртка «Робототехніка» є її практична складова – інженерна робота, під час якої учні працюють з реальними механізмами, створюючи прототипи механізмів, програмуючи при цьому майбутні практичні дії готового виробу [14].

Під час занять гуртку «Робототехніка» можна також планувати різноманітні завдання для розвитку навичок, які запланував вчитель перед роботою. Наприклад, вчитель може дати як прості завдання: створити прототипи гелікоптерів, тягачів, евакуаторів тощо, які вимагають від учня навичок математичних розрахунків, програмування, конструкторських навичок, так і складні завдання, для поглиблення використання учнями міжпредметних зв'язків, наприклад, створення прототипу безлюдного виробництва, в якому співіснують декілька сконструйованих роботів.

Щодо останнього, то такий проєкт є спрощеним прикладом реалізації концепції Розумного міста. Він вимагає від учнів створення прототипу безлюдного виробництва, де декілька типів роботів автономно працюють, взаємодіють між собою, обмінюються інформацією, виконують певну роботу, забезпечуючи при цьому реалізацію всіх загальних завдань, що стоять перед вчителем гуртка «Робототехніка» – інтеграцію здобутих знань та їх практичну реалізацію. Тобто, проведення такої роботи зі здобувачами освіти може поглиблювати міжпредметні зв'язки, оскільки для створення такої штучної системи необхідно розуміти сутнісний зміст концепції Розумного міста, поняття безлюдного виробництва, принципів, що лежать в основі такої системи та особливості її функціонування. Як і для будь-якого проєкту з робототехніки, здобувача освіти необхідно використовувати знання та навички, що вони здобули на уроках інформатики та математики, оскільки саме вони необхідні для створення алгоритмів руху роботів.

Отже, завдання такого проєкту полягає у конструюванні роботів, які будуть

самостійно функціонувати в певному штучно створеному середовищі. В цьому проєкті mBot може виконувати роль кур'єра базового рівня, RoboMaster – диспетчера, що аналізує трафік за допомогою камери. Для виконання проєкту в цьому випадку важлива інтеграція з IoT-платформами (Internet of Things), де дані з фізичних датчиків (температура, рух) передаються на веб-сервер.

У такому проєкті так само можна виділити ключові етапи, які відповідають вищезгаданим загальним етапам проєктування, що реалізуються у роботі гуртка «Робототехніка»: створення штучної автономної роботизованої системи → проєктування та створення роботів, що є компонентами системи → випробування створеного проєкту та вдосконалення його елементів за потреби.

Такі завдання під час конструювання та програмування роботів розвивають у здобувачів освіти інженерні, креативні, інноваційні, науково-дослідницькі навички. Якщо цей вид роботи організувати у вигляді групової діяльності, одночасно можна розвивати комунікативні та логічні навички. Саме розвиток цих навичок і формує такого здобувача освіти, який буде конкурентоспроможним на ринку праці.

Проєктна діяльність у навчальному процесі може бути реалізована не тільки колективно чи груповою діяльністю, а й індивідуальною. Одним із прикладів реалізації міждисциплінарних проєктів для індивідуальної діяльності учнів є здійснення комплексних дослідницьких проєктів під егідою Малої Академії Наук (далі МАН). Ключовою вимогою для таких дослідницьких проєктів є наявність характеру наукового дослідження з елементами інженерного пошуку [8].

При написанні дослідницького проєкту в МАН акцент робиться на актуальності та новизні обраної теми дослідження. Наприклад, замість простого збирання робота можна запропонувати учневі порівняти точність ультразвукового та інфрачервоного датчиків у різних середовищах або розробити власну модифікацію захвату (маніпулятора) для робота, розрахувавши його вантажопідйомність. При цьому важливо оцінити енергоефективність різних алгоритмів руху для кожного з проєктів та уточнити цільове призначення такої конструкції робота [8].

Ці вимоги були вдало реалізовані під час виконання проєкту учнем Фортечної гімназії Кропивницької міської ради Ткаченком Дмитром під час дослідження теми екологічної підгодівлі риби за допомогою гідродруну. Обрана тема дослідження містить елемент інженерного пошуку – конструювання рибальського «кораблика»: проєктування та створення корпусу, моделювання його конструктивних елементів, створення та реалізація електронної схеми, перевірка готового виробу у реальних життєвих умовах [13].

Цей проєкт містить елементи новизни, оскільки перед дослідженням стояло завдання не просто створити виріб для підгодівлі риби, а сконструювати такий гідродрон (рибальський кораблик), що буде значно дешевший ніж наявні рибальські човники, значно інноваційнішим (наявність frv-камери, gps-модуля), значно екологічнішим ніж наявні технологічні засоби підгодівлі риби [13].

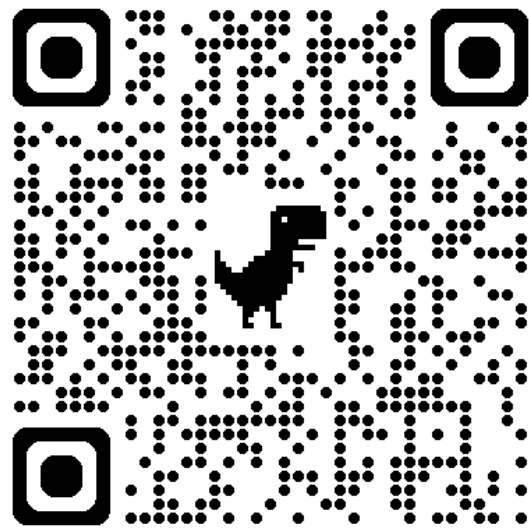
Виконання такого дослідження також вписується у шкільну систему реалізації STEM-проєктів, оскільки хоч це завдання й індивідуального дослідницького характеру, але для його виконання необхідно використовувати певний перелік набутих знань, умінь та навичок з кількох навчальних дисциплін. Наприклад, для проєктування гідродруну необхідні знання з геометрії та інформатики, щоб змоделювати елементи корпусу в 3D-редакторах. Знання з фізики в цьому випадку були необхідні для створення електронної схеми майбутнього виробу, розуміння принципів роботи датчиків, що можна використати, конструювання системи дистанційного керування та вдосконалення корпусу для його ефективної експлуатації у водному середовищі. Знання з робототехніки в цьому проєкті були необхідні для конструювання робочого бункера для автоматичного скидання корму для підгодівлі риби.

Висновки та перспективи подальших розвідок напряму. Отже, проєктна діяльність, що ґрунтується на засадах STEM-освіти, є ефективним інструментом для розвитку міжгалузевої інтеграції предметів природничої, математичної, інформатичної галузей знань, що виступають основою знань навчальних дисциплін цих галузей для розв'язання учнями конкретних практичних задач на конкретному уроці.

Використання сучасних робототехнічних

платформ дозволяє реалізувати STEM-проєкти більш ефективно, наочно демонструючи дію фізичних законів та математичних абстракцій, перетворюючи їх на реальні технологічні рішення та формуючи при цьому в здобувачів освіти дослідницький підхід, що є критично важливим для успішної соціалізації та подальшої трудової діяльності. Така діяльність дозволяє вчителю адаптувати навчальну програму до вимог цифрової економіки, де знання з математики, фізики, хімії та біології невіддільні від навичок програмування та системного аналізу.

В цілому, інтеграція роботів типу LEGO, mBot та RoboMaster у шкільну програму та позакласну роботу (гуртки) створює цілісний освітній простір, де здобувач освіти бачить не окремі предмети, а єдину наукову систему. Саме цей аспект дозволяє вчителю формувати практико-орієнтовані проблемні ситуації, під час розв'язку яких здобувач освіти використовує знання з різних навчальних дисциплін, здобуваючи при цьому навички, що роблять його конкурентоспроможним на ринку праці. А це і є ключовим завданням сучасної освіти. Ширше представлення напрацювань з реалізації роботів в освітньому процесі можна побачити за посиланням або QR-кодом:



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Delors, J. (1996) Education - hidden treasure. Report of the International Commission on Education for the XXI Century to UNESCO, Sofia. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000102734>
2. LEGO Education Spike Prime (англ.) URL: <https://spike.legoeducation.com/prime/lobby/>
3. Nicholas Hughes and Carlos Izsak. Teaching computing with Makeblock mBot. Makeblock Co., Ltd. 2018. 127p. URL: <https://qiniu.makeblock.com/education-makeblock-com/computingwithmBot.pdf>
4. Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution / World Economy Forum. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Schools_of_the_Future_Report_2019.pdf
5. Дробін А., Бурґа С. Використання робототехніки на уроках фізики як елемент цифрової трансформації освіти. *Науково-методичний вісник № 61*. 2025 р. С.103-108.
6. Дробін А.А. Шостий технологічний уклад: освітні аспекти. *Наукові записки. Випуск 183*. Серія: Педагогічні науки. Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім.В.Винниченка, 2019. 284с. С.85-89. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2019-1-183-85-89>
7. Засекіна Т.М. Інтеграція в шкільній природничій освіті: теорія і практика : монографія. Київ: Педагогічна думка, 2020. 400 с.
8. Матеріали Малої академії наук України щодо підготовки науково-дослідницьких робіт. URL: <https://man.gov.ua/contests/olympiad/konkurs-zahist-naukovo-doslidnitskikh-robit-uchniv-chleniv-man/conditions/vimogi-do-doslidnitskikh-robit>
9. Постанова КМУ від 25 липня 2024 р. № 851 «Про затвердження Державного стандарту профільної середньої освіти» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-2024-%D0%BF#Text>
10. Постанова КМУ від 30.09.2020 р. № 898 «Про деякі питання державних стандартів повної загальної середньої освіти». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Text>
11. Розпорядження КМУ від 14 грудня 2016 р. № 988-р. «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти “Нова українська школа” на період до 2029 року» <https://www.kmu.gov.ua/pras/249613934>
12. Розпорядження КМУ від 5 серпня 2020 р. № 960-р «Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>
13. Ткаченко Д. Екологічно безпечна підгодівля риби за допомогою гідродрону: науково-дослідницька робота. Кропивницьке територіальне відділення МАН України. Кропивницький, 2025. 31 с.
14. Юр'єв В., Самойлов С. Практичні аспекти реалізації міжгалузевої інтеграції на гуртку «Робототехніка». *Науково-методичний вісник № 61*. 2025 р. С.108-112.