

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ARDUINO НА ПЛАТФОРМІ TINKERCAD У СЕРЕДОВИЩІ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ ВЧИТЕЛІВ

Сергій КРАМАР

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
kramarito.ss@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2583-3987>

Марія ШИШКІНА ✉

Інститут цифровізації освіти НАПН України, Україна
shyshkina@iitlt.gov.ua
<https://orcid.org/0000-0001-5569-2700>

АНОТАЦІЯ

У роботі охарактеризовано методичні особливості використання програмно-апаратного комплексу Arduino у середовищі навчання вчителів на платформі Tinkercad Circuits. Окреслено функціональні особливості, переваги і недоліки цієї платформи, що роблять доцільним її запровадження у процес неформальної освіти вчителів.

Формулювання проблеми. Необхідність дослідження обумовлена потребою підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів інформатики та фізики, викладачів закладів педагогічної освіти в аспекті розвитку навичок з робототехніки з використанням програмно-апаратного комплексу Arduino. Особливої актуальності набуває проблема підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, щоб привести її у відповідність останнім досягненням науково-технічного прогресу у сфері розвитку технологій. У зв'язку з цим, важливо розглянути найсучасніші рішення щодо організації середовища навчання, зокрема на базі хмарних технологій, потреба в яких особливо гостро постає в умовах неформальної освіти.

Матеріали та методи. Для досягнення мети роботи були використані загальнонаукові методи: а) теоретичні – аналіз технічної та психолого-педагогічної літератури з проблеми дослідження; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду; теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення наукових фактів і закономірностей б) емпіричні – бесіди з учасниками освітньо-наукового середовища; педагогічні спостереження.

Результати. У роботі обґрунтовано, що методично виважене та доцільне використання апаратно-програмного комплексу Arduino сприятиме більш активному засвоєнню знань, вмінь та навичок з робототехніки, запровадженню інноваційних форм та методів навчання в процесі неформальної освіти вчителів; підвищенню рівня їх ІКТ-компетентності.

Висновки. Використання програмно-апаратного комплексу Arduino та робота в онлайн платформі Tinkercad - методично доцільний складник у процесі неформальної освіти вчителів, запровадження даного комплексу відповідно до спеціально розробленої методики сприятиме підвищенню ІКТ компетентності вчителів, ширшому запровадженню актуального освітнього контенту і найсучасніших технологій у процес навчання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: хмарні сервіси; методика; Arduino; освітнє середовище; неформальна освіта; вчителі; програмування; робототехніка.

Для цитування:	Крамар С., Шишкіна М. Методичні особливості використання Arduino на платформі Tinkercad у середовищі неформальної освіти вчителів. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 5. С. 27-33. DOI: 10.31110/fmo2024.v39i5-04
	Крамар, С., & Шишкіна, М. (2024). Методичні особливості використання Arduino на платформі Tinkercad у середовищі неформальної освіти вчителів. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04
For citation:	Kramar, S., & Shyshkina, M. (2024). Methodical features of the use of Arduino on the base of Tinkercad platform in the process of non-formal education of teachers. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04
	Kramar, S., & Shyshkina, M. (2024). Methodychni osoblyvosti vykorystannia Arduino na platformi Tinkercad u seredovyshchi neformalnoi osvity vchyteliv [Methodical features of the use of Arduino on the base of Tinkercad platform in the process of non-formal education of teachers]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(5), 27-33. https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i5-04

METHODICAL FEATURES OF THE USE OF ARDUINO ON THE BASE OF TINKRCAD PLATFORM IN THE PROCESS OF NON-FORMAL EDUCATION OF TEACHERS

Serhii KRAMAR

Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
kramarito.ss@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2583-3987>

Mariya SHYSHKINA ✉

Institute for Digitalisation of Education of NAES of Ukraine, Ukraine
shyshkina@iitlt.gov.ua
<https://orcid.org/0000-0001-5569-2700>

ABSTRACT

The paper characterizes the methodical features of using the hardware and software complex ARDUINO in the process of non-formal education of teachers using the platform Tinkercad Circuits. The problem of advanced training of in-service teachers is of particular relevance, to bring it in line with the latest achievements of scientific and technological progress in the field of ICT development. In this regard, it is important to consider the best solutions for organizing a learning environment, in particular using cloud technologies, the need for which is especially acute in the conditions of non-formal education. The functional features, advantages and disadvantages of this platform are outlined, which make it expedient to introduce it into the process of non-formal education of teachers.

Formulation of the problem. The necessity of the study is due to the need to increase the level of ICT competence of teachers of computer science and physics, lecturers of teacher education institutions in terms of developing skills of the use of the Arduino hardware and software complex.

Materials and methods. To achieve the purpose of the work, the general scientific methods were used: a) theoretical - analysis of technical and psychological and pedagogical literature on the research problem; generalization of domestic and foreign experience; theoretical analysis, systematization and generalization of scientific facts and patterns b) empirical - interviews with participants in the educational environment; observation, questionnaire, testing.

Results. The paper proves that methodologically balanced and appropriate use of the Arduino software and hardware complex will contribute to a more active assimilation of knowledge, skills and abilities, and will promote the introduction of innovative forms and methods of teaching in the process of non-formal education of teachers.

Conclusions. The use of the Arduino hardware and software complex and work in the online platform "Tinkercad" is a methodologically appropriate component in the process of non-formal teacher education, the introduction of this complex in accordance with a specially developed methodology will help to improve the ICT competence of teachers, the wider introduction of relevant educational content and the most modern technologies in the learning process.

KEYWORDS: *cloud services; methodology; Arduino; educational environment; non-formal education; programming; robotics.*

ВСТУП

Постановка проблеми. У сучасному інформаційно-освітньому середовищі існують нові моделі організації навчальної діяльності, які базуються на інноваційних технологічних рішеннях щодо проектування середовища, серед яких значну роль відіграють апаратно-програмні засоби робототехніки, хмарні рішення.

Питання адаптації і налаштування засобів та сервісів інформаційно-технологічного освітнього середовища на потреби користувачів з метою максимально реалізувати педагогічний потенціал використання найсучасніших ІКТ, зокрема, хмарних, досягати поліпшення результатів навчання, а також удосконалення процесу науково-дослідної діяльності вчителів, розвитку навичок спільної роботи, потребує запровадження інноваційних підходів. Ці підходи мають забезпечити найбільш доцільні способи організації доступу до програмного забезпечення навчального призначення, зокрема, на базі хмаро орієнтованих підходів, що належать до провідних моделей інформаційно-технологічних рішень організації інфраструктури освітнього середовища, а також постають каталізатором запровадження інноваційних методів і підходів в освітню практику.

Використання *програмно-апаратного* комплексу Arduino у системі неформальної освіти вчителів відіграє особливу важливу роль, оскільки воно поєднує в собі як основні поняття, так і принципи роботи програмної та технічної складової.

Використання *програмно-апаратного комплексу у системі неформальної освіти* дозволяє досягти підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів, поліпшення їх обізнаності з методиками і досвідом використання програмного забезпечення та технологій. Необхідність органічно поєднати викладення навчального матеріалу з допомогою платформи «Tinkercad» та проведення контрольних опитувань та консультацій; постійне удосконалення організації навчальної діяльності за допомогою хмарних сервісів, запровадження дистанційних і змішаних форм навчання у процес опанування апаратно-програмних засобів робототехніки потребують відповідного науково-методичного опрацювання, розроблення спеціальних методик.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності і результативності підвищення ІКТ компетентності вчителів інформатики та фізики за рахунок ширшого використання у процесі навчання засобів і технологій робототехніки, зокрема на базі хмаро орієнтованих рішень. Запровадження робототехніки у процес навчання не втрачає актуальності у зв'язку з необхідністю підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, які мають бути в курсі розвитку технологій, які постійно вдосконалюються. Запровадження програмно-апаратного комплексу Arduino на базі хмарних

платформ реалізації доступу є суттєвою передумовою для підвищення ІКТ-компетентності вчителів, здатних до активної професійної діяльності і самореалізації у високотехнологічному суспільстві, готових до використання інноваційних методик і засобів навчання, реалізації інноваційних форм, методів і підходів до його організації.

Аналіз актуальних досліджень. Ознайомлення з науковими працями провідних науковців у галузі освіти, досвідом педагогів свідчить про недостатній рівень використання найсучасніших методів, засобів, організаційних форм навчання основам робототехніки, зокрема на базі комплексу Arduino. Якщо говорити про висновки авторів Л. Фултона та М. Шмідта (Schmidt & Fulton, 2016)., а також результати дослідження С. Дзюби (Морзе та ін., 2018), варто зазначити, що в процесі реалізації і тестування нововведень потрібні значні зусилля педагогів для більш повного задоволення низки освітніх потреб та більш успішного запровадження комплексу. Вивчаючи роботи Ч. Кім (Kim та ін., 2015), варто звернути увагу на дослідницький проект, мета якого - допомогти вчителям навчитися розробляти відповідні компоненти навчального призначення з використанням робототехніки та змістовно впроваджувати свої знання на практиці та в навчанні інших.

В останні роки було досягнуто певного прогресу у запровадженні основ робототехніки у процес підготовки вчителів у закладах вищої освіти, були розроблені відповідні методики розвитку компетентностей з робототехніки наприклад, (Струтинська, 2020), Існують публікації стосовно використання Tinkercad для онлайн підтримки лабораторних робіт з проектування мікропроцесорних систем в технічному університеті (Голубев та ін., 2023). В той же час, навчання вчителів навичкам робототехніки продовжує залишатися актуальним завданням у сфері педагогічної освіти. По-перше, поряд з тим, що методики навчання робототехніки у закладах вищої педагогічної освіти досить добре розроблені, мало розробленими залишаються питання підвищення кваліфікації вже працюючих вчителів, для цього потрібні спеціальні методики, враховуючи те, що технології постійно розвиваються і вдосконалюються. По-друге, навчання вчителів відбувається, зазвичай, у середовищі неформальної освіти, і для цього потрібні он-лайн середовища для того, щоб навчання могло відбуватися у дистанційному або змішаному форматі.

В Україні вже почали робити перші кроки системи навчання з використанням STEM підходів. Розроблені освітні програми навчання майбутніх вчителів інформатики у контексті STEM-освіти (Валько, 2019), розглянуті методичні особливості використання платформи Arduino у підготовці вчителів фізики до STEM орієнтованого навчання (Сальник та ін., 2023). Даний підхід до проектування систем навчання наразі стає все більш популярним, бо чудово себе показує у процесі формування навичок дослідницької діяльності в учнів у молодшій, середній та старшій школі. Тому розвиток методичних підходів до поглибленого опанування вчителями знань у сфері робототехніки потребує подальшого вивчення.

Мета статті. Метою статті є визначення методичних особливостей запровадження апаратно програмного комплексу Arduino на платформі Tinkercad у середовище навчання вчителів інформатики та фізики у процесі неформальної освіти.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення мети роботи були використані загальнонаукові методи: а) теоретичні – аналіз технічної літератури з проблеми дослідження; узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду; теоретичний аналіз, систематизація та узагальнення наукових фактів і закономірностей б) емпіричні – бесіди з учасниками освітньо-наукового середовища; педагогічні спостереження; анкетування; тестування.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Елементи методики використання *програмно-апаратного* комплексу Arduino були запроваджені у процес навчання вчителів інформатики та фізики в неформальній освіті.

Метою навчання за запропонованою методикою є підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів щодо використання засобів робототехніки у своїй професійній діяльності.

Форми навчання: практичні заняття; лабораторні роботи; тренінги.

Методи навчання: пояснювально-ілюстративний; практично-діяльнісний; словесно-роз'яснювальний; проектний.

Засобом навчання є програмно-апаратний комплекс Arduino, що використовується на платформі Tinkercad. Платформа Tinkercad вже багато років показує себе як стабільна, доступна, логічно скомпонована платформа для навчання (Рис. 1). За умов використання хмарних сервісів, дані зберігаються у центрі обробки даних, а не на локальному комп'ютері користувача, тоді як доступ до них забезпечується через браузер, є можливим з різних пристроїв, з яких можна вийти в Інтернет. За хмарної моделі організації доступу до ІКТ виникають необхідні умови для формування навичок командної роботи, які потрібні сучасному фахівцеві, що має бути обізнаним з використанням ІТ. Вчителі, які опанували даний комплекс, мали зареєструватися у хмаро орієнтованому середовищі, отримати акаунт, завдяки якому вони мали доступ до готових проектів з поясненням, сервісів як для індивідуального, так і колективного використання.

Найважливішою особливістю *програмно-апаратного комплексу Arduino*, з точки зору педагогічного використання, є вільний доступ, безпека та надійність зберігання інформації, контроль прав доступу, здатність легко адаптувати під різні цілі та задачі.

В умовах формування інформаційного суспільства важливо підготувати висококваліфікованих фахівців, здатних правильно та доцільно навчити використовувати комплекс так, щоб це було змістовно та цікаво. Тому необхідно шукати нові методичні підходи до організації навчання, які б сприяли глибокому засвоєнню та розумінню основних понять, правил, принципів і методів вивчення дисциплін, їх взаємозв'язку з суміжними дисциплінами та способів їх використання на практиці.

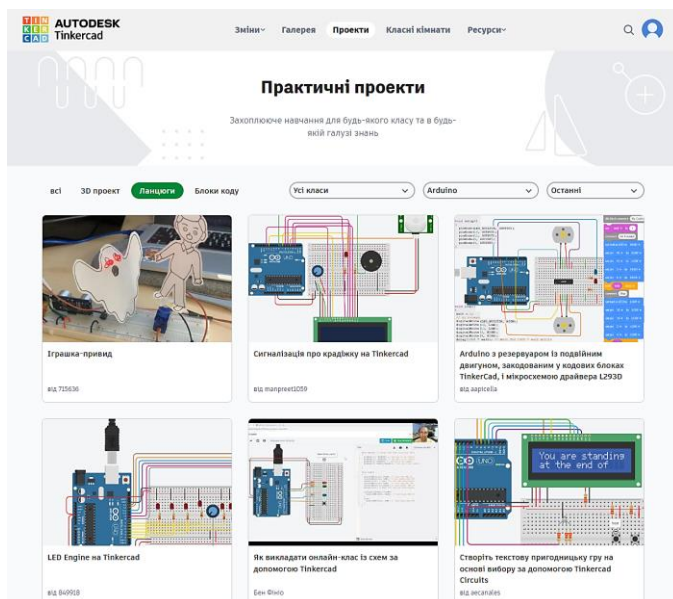


Рис. 1. Хмаро орієнтоване середовище Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>).

Для організації групової роботи з вчителями була використана платформа *Tinkercad*, але з інтегрованими класами, оскільки в даній платформі реалізовано наступні можливості: корегувати дії викладача, вести групове та індивідуальне спілкування, робити нотатки, відслідковувати прогрес успішності, зберігати роботи. Застосування програмно-апаратного комплексу не спричинить вчителям суттєвих труднощів у вирішенні поставлених завдань, для роботи потрібно лише мати доступ до мережі інтернет. Однак для користування хмарними сервісами необхідно пройти короткий інструктаж роботи з ними (Рис. 2).

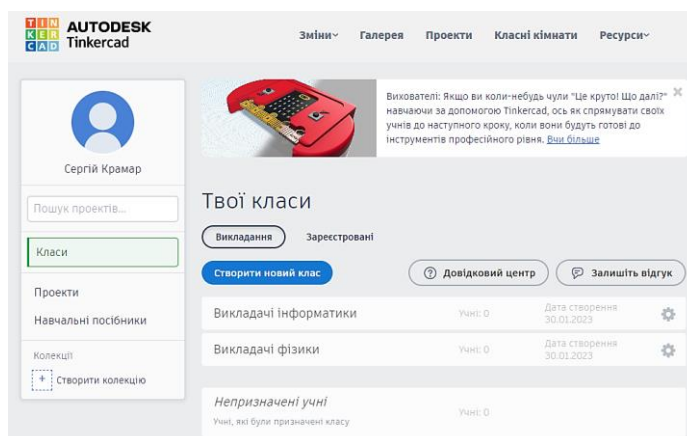


Рис. 2. Приклад платформи Tinkercad з інтегрованими класами
Джерело: платформа Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>).

Мета запровадження *програмно-апаратного комплексу Arduino* у процесі підготовки фахівців - формування здатності до успішного використання інформаційних технологій у своїй професійній діяльності, творчого підходу до вирішення нестандартних проблем, глибокого оволодіння основами дисципліни. З цією метою була розроблена методика використання *комплексу* у неформальній освіті вчителів, спрямована на (i) формування професійних компетентностей вчителів інформатики та фізики, що дасть можливість успішно адаптуватися до вимог інформаційного суспільства; розвиток творчого підходу до вирішення нестандартних завдань; та (iii) формування навичок використання ІКТ, необхідних для аналізу, моделювання та вирішення теоретичних та практичних задач у професійній діяльності.

Завдяки впровадженню *комплексу* у навчальний процес вчителів з'являється можливість зосередити увагу на принципах, підходах, звільнити час та зусилля, які витрачаються на створення навчального матеріалу, використання платформи значно покращує процес навчання (Рис. 3).

Можливості використання *програмно-апаратного комплексу* для вирішення навчальних задач досить широкі. Вчитель, використовуючи хмарні сервіси, вирішує поставлену перед ним задачу, і, таким чином, він не має перешкод у застосуванні сучасних засобів ІКТ, а крім того, усвідомлює потрібність користуватися платформою для успішної реалізації професійних цілей. Рішення задач прикладного характеру за допомогою хмарних сервісів забезпечує можливість формування професійних компетентностей.

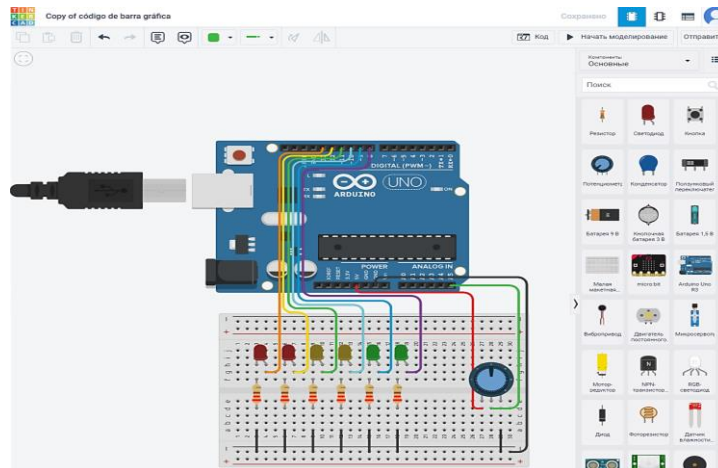


Рис. 3. Приклад елемента навчального процесу на хмарній платформі Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>).

Основною перевагою застосування програмно-апаратного комплексу Arduino при проектуванні середовища навчання є розширення спектру засобів для роботи із сучасним обладнанням на онлайн платформі, до якої матимуть доступ всі учасники процесу навчання. Використання цього комплексу позитивно впливає на:

- формування навичок роботи в середовищі програмування мікроконтролерів;
- розвиток знань щодо структури програми та її елементів, змінних, виразів, масивів, логічних конструкцій, функцій, бібліотек тощо;
- удосконалення навичок написання програмного коду відповідно до поставленого завдання та перенесення його у середовище мікроконтролера;
- опанування основних понять з електрики;
- формування знань про основні елементи цифрових схем;
- удосконалення навичок розуміння, модифікації та конструювання електричних схем відповідно до пройденого матеріалу;
- формування навичок роботи із датчиками, їх налаштування, опрацювання даних з них та зчитування документації (Golubev et al., 2023; Лехан, 2007).

Використання Arduino має беззаперечні переваги, а саме:

- спрощує процес роботи з мікроконтролерами у порівнянні з іншими пристроями для вчителів;
- плати Arduino відносно дешевші в порівнянні з іншими платформами;
- плати Arduino кросплатформені (можна працювати під управлінням ОС Windows, Mac OS і Linux);
- система Arduino має просте і зрозуміле середовище програмування.
- середовище програмування Arduino є додатком, що охоплює редактор коду, компілятор і спеціальний модуль для прошивки плати;
- мова програмування, що використовується в Arduino, є реалізацією Wiring, тобто це C / C ++, доповнений деякими бібліотеками;
- можливості плат Arduino можна розширити за допомогою особливих мікросхем, які називають «шилдами» (від англ. shields). Шилди встановлюються поверх основної плати і дають нові можливості (Морзе та ін., 2018).

Основні риси функціоналу та особливості Tinkercad Circuits, що роблять доцільним її запровадження у середовище навчання вчителів, наступні: це онлайн платформа, тож для роботи потрібен лише Інтернет; є у наявності зручний графічний редактор для візуальної побудови електронних схем; доступним є набір попередньо встановлених моделей найбільш популярних електронних компонентів, відсортованих за типами компонентів; платформа містить симулятор електронних схем, за допомогою якого можна підключити створений віртуальний пристрій до віртуального джерела живлення і простежити, як воно буде працювати; можна також використати симулятор датчиків та інструментів зовнішнього впливу. Є можливості змінювати показники датчиків, стежити за тим, як в залежності від цього змінюються параметри системи; зручно використовувати вбудований редактор Arduino з монітором порту і можливістю налагодження; є вже розроблені для розгортання проекти Arduino зі схемами і кодом; візуальний редактор коду Arduino; дає можливість інтеграції з рештою функціональності Tinkercad і швидкого створення для вашого пристрою корпусу та інших конструктивних елементів; створена модель може бути відразу відправлена на 3D-принтер; вбудовані підручники і величезне співтовариство з колекцією готових проектів.

Головне, що не потрібно завантажувати Arduino IDE, не потрібно шукати і викачувати популярні бібліотеки і sketch, не потрібно збирати схему і підключати плату – все знаходиться відразу на одній сторінці.

Переваги використання Tinkercad: безкоштовний онлайн сервіс; найпопулярніші компоненти для Arduino вже є у симуляторі; багато схем створено (можна їх дописувати і змінювати); ділитися проектом з іншими людьми; постійне оновлення й доповнення; вікно написання коду не відрізняється від вікна Arduino IDE.

Недоліки використання Tinkercad: не вистачає компонентів, які створюються швидше, ніж встигають створити симулятор цього компонента (Морзе та ін., 2018).

Запропонована методика використання програмно апаратного комплексу Arduino на платформі Tinkercad була апробована в освітньому процесі і виявилася досить зручною у використанні. Лекційні, практичні та лабораторні роботи проводились дистанційно, за допомогою одного з месенджерів для зв'язку з викладачем та за допомогою демонстрування робочого стола для чіткості та якості подачі інформації. Кожне з цих занять було записане і потім завантажено в GoogleDrive, на якому в будь яку хвилину можна було переглянути його, якщо щось не зрозуміло або виникли якісь питання в завданнях або лабораторних роботах.

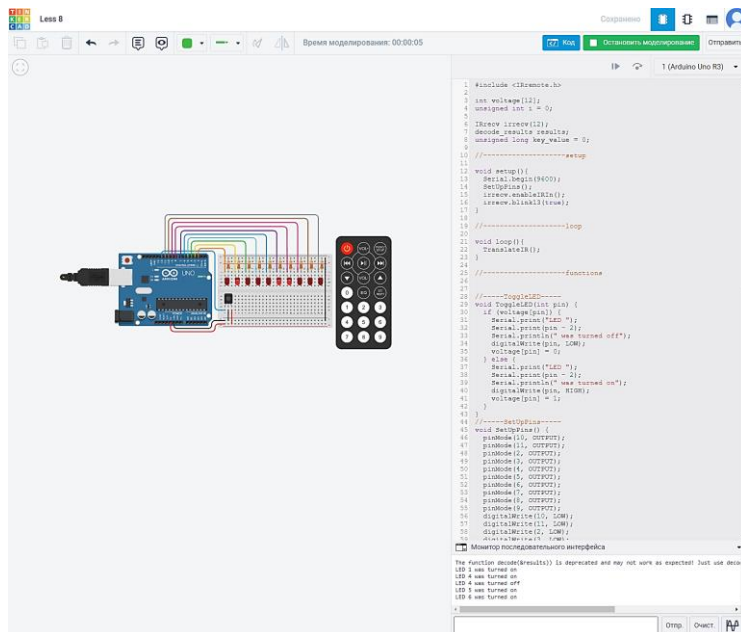


Рис. 4. Приклад заняття на платформі Tinkercad
Джерело: платформа Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>).

Для перевірки ефективності розробленої методики навчання було виконано порівняння навчальних досягнень вчителів за рівнями підготовки за розробленою методикою і відзначено позитивні показники успішності з опанування платформи. Експериментальна база дослідження: Дніпровський науковий ліцей інформаційних технологій, м.Дніпро. Було сформовано фокус-групу з 22 вчителів Дніпровського наукового ліцею інформаційних технологій, для якої було проведено вхідне і вихідне опитування, яке показало підвищення рівня ІКТ компетентності вчителів щодо використання засобів робототехніки, на основі комплексного показника за основними критеріями – діяльнісним, когнітивним, мотиваційним і рефлексивним.

ОБГОВОРЕННЯ

Проведене дослідження свідчить, платформа Tinkercad є ефективним засобом для організації навчання вчителів інформатики та фізики використанню програмно-апаратного комплексу Arduino. Завдяки опануванню низки навчальних тем і проведення творчих робіт, які можна було організувати на єдиній платформі, до якої викладачі і вчителі могли отримувати доступ у будь-якому місці і у будь-який час, значно розширилися можливості організації якісного навчання; розширився доступ до електронних ресурсів; підвищився рівень організації навчального процесу завдяки структуруванню матеріалу і підтримуванию ресурсів для вивчення в актуальному стані.

Завдяки використанню хмарних технологій можна сформувати поліфункціональне навчальне середовище на єдиній основі, завдяки чому вдається досягти активізації освітнього процесу, формувати у вчителів мотивацію, орієнтування та обізнаність щодо роботи з навчальними проектами, вміння ефективно опрацьовувати значні обсяги даних і відомостей, раціонально організовувати час і наявні ресурси, технічно правильно та доцільно розповідати про датчики та їх особливості, розуміти відмінності датчиків один від одного, орієнтуватись у бібліотеках та знати як їх встановлювати. Всі ці навички є необхідними для повноцінного існування і самореалізації майбутнього фахівця в інформаційному суспільстві, що відкриває широкі можливості для особистісного розвитку і самореалізації.

Визначено наступні найбільш доцільні шляхи використання Arduino у неформальній освіті вчителів:

- **Проектна робота з Arduino:** використання Arduino для реалізації проектів, в яких поєднуються програмування та електроніка, розвиваються індивідуальні та командні комунікативні навички.
- **Наукові дослідження:** Arduino дозволяє проводити наукові експерименти, такі як аналіз впливу кліматичних умов на рослини за допомогою датчиків температури, вологості та світла.
- **Розробка ігор:** створення ігор на базі Arduino сприяє зміцненню навичок програмування та роботи з електронікою.
- **Автоматизація та робототехніка:** можливість створювати автоматизовані системи, використовуючи Arduino для керування та моніторингу, вивчаючи основи інженерії та системного аналізу.
- **Інтерактивні арт-проекти:** за допомогою Arduino можна реалізувати інтерактивні арт-інсталяції, які відгукуються на зміни у середовищі, що збагачує навчальний процес в естетичному вимірі.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Впровадження програмно-апаратного комплексу Arduino у навчання вчителів інформатики та фізики на основі спеціально розробленої методики створює умови для покращення результатів цього процесу. При цьому було використано досвід вітчизняних та зарубіжних фахівців. Проведено аналіз платформ та середовищ, з якими можливо працювати онлайн так, щоб це було зручно для опанування та інноваційно. Найбільш доцільним шляхом запровадження Arduino у процес дистанційного та змішаного навчання вчителів є використання хмаро орієнтованих платформ, зокрема, платформи Tinkercad, що дає можливість організувати процес навчання у дистанційному або змішаному форматі, активізувати роботу тих, хто вчиться, за рахунок розширення доступу до якісних інструментів і сучасних технологій. При вирішенні задач у галузі навчання основ робототехніки реалізуються міждисциплінарні зв'язки інформатики, математики, фізики та інших предметів, що сприяє професійному розвитку вчителів на основі формування уявлень про цілісність бачення процесу навчання.

Перспективою подальших досліджень є теоретичне обґрунтування та більш широка апробація та впровадження методики використання комплексу Arduino на базі платформи Tinkercad, створення методичних рекомендацій щодо формування на цій основі високотехнологічного середовища (платформи) опанування основ робототехніки, яке розробляється спеціально для вчителів інформатики та фізики для використання в неформальній освіті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Golubev, L. P., Tkach, M. M., & Makatora, D. A. (2023). Using Tinkercad to support online the laboratory work on the design of microprocessor systems at technical university. *Information Technologies and Learning Tools*, 93(1), 80–95. <https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.4817>.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31.
- Schmidt, M., & Fulton, L. (2016). Transforming a traditional inquiry-based science unit into a STEM unit for elementary pre-service teachers: A view from the trenches. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 302–315.
- Алексеева, Г. М., & Бабич, П. М. (2018). Використання платформи Arduino для професійної підготовки майбутніх інженерів-педагогів. *Фізико-математична освіта*, 4 (18), 12–16.
- Березнюк, Р. Х. (2019). Переваги використання онлайн стимулятора Tinkercad Circuits Arduino на уроках інформатики. <http://dspace.megu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1809>.
- Валько, Н. (2019). Аналіз освітніх програм навчання майбутніх вчителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок*, 10 (177), 101–106.
- Лехан, С. А. (2007). *Інформатика. Мова програмування C++*. Спецкурс. 10–12 класи. Навчальний посібник. Шепетівка: «Аспект».
- Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 навчальний рік*. (2017). Лист ІМЗО № 21.1/10-1470 від 13.07.17 року https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/
- Морзе, Н. В., Гладун, М. А., & Дзюба, С. М. (2018). Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 65(3), 37–52.
- Сальник, І. В., Соменко, Д. В., & Сірик, Е. П. (2023). ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO У ПІДГОТОВЦІ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ДО STEM ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 95(3), 124–142. <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155>
- Струтинська, О. В. (2020). *Теоретико-методичні засади підготовки майбутніх учителів інформатики до навчання освітньої робототехніки в закладах середньої освіти*. Київ. Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Golubev, L. P., Tkach, M. M., & Makatora, D. A. (2023). Using Tinkercad to support online the laboratory work on the design of microprocessor systems at technical university. *Information Technologies and Learning Tools*, 93(1), 80–95. <https://doi.org/10.33407/itlt.v93i1.4817>.
- Kim, C., Kim, D., Yuan, J., Hill, R. B., Doshi, P., & Thai, C. N. (2015). Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching. *Computers & Education*, 91, 14–31.
- Schmidt, M., & Fulton, L. (2016). Transforming a traditional inquiry-based science unit into a STEM unit for elementary pre-service teachers: A view from the trenches. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 302–315.
- Alekseeva, G. M., & Babich, P. M. (2018). Using the Arduino platform for training future educational engineers. *Physical and mathematical education*, 4 (18), 12–16.
- Bereznyuk, R. Kh. (2019). Advantages of using the online stimulant Tinkercad Circuits Arduino in computer science classes. <http://dspace.megu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/1809>.
- Valko, N. (2019). Analysis of educational programs for training future teachers in the context of STEM education. *Youth and the market*, 10 (177), 101–106
- Liehan, S. A. (2007). *Informatics. Programming language C++*. Special course. Grades 10–12. Tutorial. Shepetovka: «Aspect».
- Guidelines for the implementation of STEM education in general education and out-of-school educational institutions of Ukraine for the 2017/2018 academic year*. (2017). IMZO Letter № 21.1/10-1470 from 13.07.17 https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/
- Morse, N.V., Gladun, M.A., & Dziuba, S.N. (2018). Formation of key and subject competencies of students by robotic means of STEM education. *Information Technologies and Learning Tools*, 65(3), 37–52.
- Salnyk, I. V., Somenko, D. V., & Siryk, E. P. (2023). Using the arduino platform in the preparation of physics teachers for stem-oriented education. *Information Technologies and Learning Tools*, 95(3), 124–142. <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155>.
- Strutinskaya, O.V. (2020). *Theoretical and methodological principles of training future teachers of computer science to teach educational robotics in secondary education institutions*. Kyiv. NPU Dragomanov Publishing House.

Матеріал надійшов до редакції 16.02.2023р.

