

О. С. Воронкін

STEM у дії: ВІДЕОКУРС «ARDUINO В TINKERCAD»

Анотація. У контексті інтегрованого підходу до навчання акцентовано увагу на важливості використання відеоресурсів як потужного інструменту STEM-освіти. Представлено авторський досвід зі створення циклу відеоуроків, спрямованих на поширення знань із програмування Arduino в сервісі «TinkerCAD». Використання цього сервісу дає змогу вивчати програмування навіть тоді, коли доступ до фізичної плати Arduino обмежений, що актуально в умовах руйнувань освітньої інфраструктури України та масової міграції учасників освітнього процесу. Наголошено на потребі в мультимедійному контенті для використання на платформі «YouTube» з метою популяризації знань про методи і прийоми програмування Arduino в TinkerCAD серед широкого загалу, в тому числі серед учнів різних вікових категорій і педагогів, які виявляють інтерес до електроніки та STEM-освіти. Надано опис змісту відеоуроків і звернено увагу на їхню важливу особливість — наявність покликань на TinkerCAD-проекти. Ця інтерактивність дає змогу педагогам та учням активно вдосконалювати навички і проекти, одночасно переглядаючи відеоуроки, що полегшує процес навчання. Аналіз YouTube-каналу автора статті свідчить про значний інтерес до цього контенту, який виявляють як учні закладів загальної середньої освіти України, так і глядачі різних вікових категорій із різних країн. Ця популярність свідчить про актуальність і важливість відеокурсу «Arduino в TinkerCAD» загалом. Зроблено висновок, що стаття буде корисним методичним джерелом для педагогів, які прагнуть впроваджувати інноваційні методи навчання STEM-предметів із використанням Arduino, особливо в умовах сучасних викликів.

Ключові слова: відеоуроки, STEM-освіта, Arduino, програмування.

Вступ. STEM-освіта, що спирається на природничі науки, технології, інженерію та математику, є ключовою у підготовці молодого покоління до вимог hi-tech-світу. Її розвиток в Україні стає дедалі актуальнішим завдяки різноманітним ініціативам педагогів і підтримці на державному рівні. Згідно з ухваленою Кабінетом Міністрів України Концепцією розвитку природничо-математичної освіти, STEM-освіта активно інтегрується в усі галузі й на всіх рівнях освіти.

Важливим аспектом STEM-освіти є інтегративні підходи до навчання [1], мета яких полягає не просто в передаванні ізольованих знань, а в сприянні розвитку навичок та формуванні компетенцій, які можна застосувати в реальних життєвих ситуаціях.

У закладах освіти така інтеграція може бути реалізована в різний спосіб, наприклад:

1. Поєднання STEM-предметів у контексті авторських курсів, коли предмети не вивчаються окремо, а об'єднуються спільними темами. Такий підхід допомагає учням краще зрозуміти взаємозв'язок між різними предметами і застосувати знання в реальному житті.

2. Факультативні заняття та гуртки. Це додаткові заняття, які можуть бути спрямовані на поглиблене вивчення STEM-предметів. Наприклад, учні можуть займатися електронікою, робототехнікою, програмуванням, 3D-моделюванням тощо.

3. Використання програмно-апаратних платформ та інструментів. Учні можуть вивчати STEM-предмети, використовуючи цифрові лабораторні комплекси, 3D-принтери та інше устаткування.

4. Проектна діяльність. Використовуючи знання, уміння й навички з різних предметів, учні можуть виконувати STEM-проекти, що спрямовані на розв'язання реальних проблем. Наприклад, створення шкільної теплиці, розумного дому, біофізичних пристроїв тощо.

Як засвідчує практика, STEM-освіта в українських закладах загальної середньої освіти більшою мірою розкривається як удосконалення методик навчання окремих предметів або включається в навчальний план у формі факультативних занять і гуртків [2], під час яких учні з використанням різноманітних програмно-апаратних платформ вивчають основи програмування робототехнічних комплексів. Однією з таких платформ є Arduino.

У статті розглядається важливість використання відео в освітньому процесі і висвітлюється авторський досвід зі створення циклу відеоуроків. Її **мета** полягає в зосередженні уваги на поширенні знань про методи і способи програмування Arduino в TinkerCAD серед учнів різних вікових категорій та педагогів, які цікавляться електронікою.

Завдання: охарактеризувати цикл відеоуроків з Arduino в TinkerCAD, включаючи опис тем уроків; популяризувати ідеї, висвітлені у відеоуроках.

Генезис проблеми. Проблема виникла унаслідок масштабних руйнувань освітньої інфраструктури і міграції учасників освітнього процесу в межах України та за кордон, спричинених активними воєнними діями, що зумовило необхідність організації дистанційного освітнього процесу. Постало питання щодо повноцінного застосування платформи «Arduino» в STEM-проектах в умовах, коли учні не мають доступу до фізичних плат.

Застосування спеціальних онлайн-сервісів, як-от Arduino Web Editor, Wokwi та TinkerCAD Circuits, дає змогу створювати й тестувати скетчі для Arduino без наявності фізичної плати, збережені на різних вікових групах учнів.

Водночас відсутність якісного та доступного мультимедійного україномовного контенту з програмування Arduino в сервісі TinkerCAD зумовила необхідність створення відповідного циклу відеоуроків.

Результати творчих пошуків автора. Arduino — це відкрита платформа для розроблення електронних пристроїв, яка складається з апаратної частини — мікроконтролера

та модулів, і програмного забезпечення. Платформа дає змогу поєднати комп'ютерні та природничі науки, що робить її цікавою для реалізації освітніх і дослідницьких STEM-проектів. На основі Arduino створюються різноманітні електронні пристрої, у тому числі робототехнічні комплекси, сенсорні системи, системи автоматизації, аудіоінтерфейси. Завдяки доступним цінам на компоненти та великій спільноті користувачів Arduino стала однією з найпопулярніших платформ у світі [3].

Учні, використовуючи платформу «Arduino», можуть втілювати в життя цікаві проекти, які допоможуть їм краще зрозуміти та дослідити різні наукові концепції. Розглянемо декілька прикладів:

1. Системи вимірювання та моніторингу погодних умов і кліматичних параметрів. Проект допоможе досліджувати погодні явища, вимірювати температуру, вологість, тиск і швидкість вітру.

2. Системи контролю води. Проект стане в пригоді під час дослідження хімічних властивостей рідин, вимірювання різних параметрів води: рН, температури та рівня забруднення.

3. Пристрій для демонстрації трикомпонентної моделі світла. За допомогою Arduino можна регулювати інтенсивність світла та колірну температуру LED-світильника. Використовуючи різні сенсори, можна вимірювати рівень освітлення і кольоровий спектр світла. Крім того, можна досліджувати взаємодію світла з матеріалами різного кольору та з різними властивостями, а також розробляти ефекти освітлення для застосування в архітектурі та дизайні.

4. Пристрій для дослідження фотоперіодизму і цитофізіологічних реакцій рослин. Такий пристрій допоможе контролювати тривалість опромінення різними довжинами хвиль, а також інтенсивність світла та температуру навколишнього середовища. Це дасть змогу зрозуміти, які конкретні умови сприяють розвитку рослин, а які можуть бути шкідливі для них, що матиме практичне застосування в галузі сільськогосподарства та біотехнології.

5. Робот-маніпулятор. Проект допоможе досліджувати робототехніку і механіку під час виконання різних завдань із захоплення, піднесення, переміщення та маніпулювання об'єктами.

6. Модель розумного будинку. Проект допоможе досліджувати інженерію та електроніку під час розроблення систем контролю освітлення, опалення, кондиціонування повітря,

безпеки, енергозбереження та інших аспектів побутового комфорту.

Найпопулярнішою версією базової платформи є плата Uno. Програмувати і проводити моделювання роботи плати Arduino Uno з використанням різних електронних компонентів та сенсорів зручно в онлайн-сервісі TinkerCAD [4]. Сервіс є дружнім для початківців, оскільки підтримує графічне Scratch-подібне середовище програмування, що дає змогу залучати до нього як учнів молодшого віку, так і вчителів, які не мають фахових знань з інформатики. Вбудований симулятор дає змогу тестувати програми на емуляторі Arduino, а можливість експортувати код програми як скетч допомагає завантажувати його на фізичну плату. Сервіс є зручним для організації групових форм роботи, тож користувачі можуть спільно працювати над проектом.

Дослідження і наукова література яскраво підтверджують, що важливим елементом сучасної STEM-освіти є відеоресурси, за допомогою яких учні можуть отримувати візуальні пояснення та інструкції [5]. Так, у статті [6] відеоматеріали названі ефективним засобом для учнів закладів загальної середньої освіти, які потребують значної мотиваційної підтримки ззовні.

Важливо зазначити, що відеоресурси стають мультимедійними зусиллями учнів [7], допомагаючи їм краще розуміти складні концепції навчання. Застосування відеоресурсів YouTube під час навчання природничих наук допомагає створити зв'язок між теоретичними знаннями і їх практичним застосуванням [8].

Вивчаючи програмування, учні виробляють зв'язки між послідовностями команд і певним результатом [9]. Застосування навчального відео дає змогу розвивати процедурні знання — «вміння» [10], що є ключовим складником технологій програмування.

У роботах [11; 12] показано, що дотримання принципів мультимедійного навчання в демонстраційних та інтерактивних відео позитивно впливає на розвиток процедурних знань учнів. При цьому важливе значення мають попередні знання, що застосовуються для інтерпретації завдань у відеоуроках.

За результатами опитування, проведеного компанією «Kaltura», 75% освітян зазначили, що учні активніше взаємодіють із матеріалами курсу, коли використовується відео [13]. Однак для

багатьох учителів пошук актуальних та цікавих відео, якими можна було б ділитися зі своїми учнями, є складним і ресурсозатратним.

З огляду на важливість відеоресурсів у навчанні ми пропонуємо звернутися до конкретного прикладу, а саме до 45 навчальних відео з Arduino в TinkerCAD, які були створені автором у період із 2021 по 2023 р. Вони доступні на каналі @voronkinalex (<https://www.youtube.com/@voronkinalex>) в YouTube. Метою створення цих відео є допомога учням покращити свої знання та навички у STEM та Arduino зокрема.









Тривалість кожного відео коливається від 2 до 15 хвилин, що в середньому становить 8,5 хвилини і не перевантажує учня великою кількістю інформації. У дописах до відео уроки доповнюються покликаннями на TinkerCAD-проекти. Такий інтерактивний підхід дає змогу педагогам та учням тестувати й модернізувати проекти одночасно з переглядом відеоуроку і не витрачати сили на його створення з нуля. Стислий опис тем відеоуроків зведено в табл. 1.

Висновки. У статті розкрито значущість розроблення навчальних відеоресурсів у STEM-освіті. Цикл відео «Arduino в TinkerCAD» є прикладом успішної реалізації таких навчальних відеоресурсів, оскільки дає змогу учневі переглядати відео на YouTube і відтворювати програмістські дії в TinkerCAD багаторазово, доки той не набуде відповідних умінь і навичок. У перших чотирнадцяти уроках використовується графічне Scratch-подібне середовище, інші уроки так чи так оперують програмним кодом для платформи Arduino. Цей підхід покликаний допомогти учням на початковому рівні навчитися творчо мислити й опанувати концепції візуального програмування Arduino. Найбільш поширеними з них є цикли (ітерації) та умовні оператори, які підтримують розв'язання проблем, логічні міркування та системне мислення [14, с. 116].







Аналітика YouTube-каналу @voronkinalex за останні 365 днів засвідчує, що контентом цікавляться не тільки учні закладів загальної середньої освіти, а й глядачі дуже різних вікових категорій (табл. 2), які є представниками України, Польщі, Румунії, Італії, Норвегії, Німеччини. Глядачі з України представлені такими містами, як Київ, Черкаси, Львів, Дніпро, Ніжин, Ізмаїл, Яворів, Олександрія, Кривий Ріг, Запоріжжя, Славута, Бровари, Вінниця та Хмельницький. За останні 365 днів канал має 21 764 перегляди.

Таблиця 1









Опис тем циклу відеоуроків «Arduino в TinkerCAD»








№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
1	Створення облікового запису в TinkerCAD	Ознайомити учнів із безкоштовним онлайн-сервісом «TinkerCAD». Навчити створювати обліковий запис	
2	Перша проста схема (батареяка, світлодіод, резистор, кнопка)	Ознайомити учнів з основами електроніки та засвоєння перших практичних навичок створення простих електричних ланцюгів із використанням таких елементів, як батареяка, світлодіод, резистор, кнопка й амперметр. Учні під час уроку зрозуміють принцип роботи кожного із цих елементів, зможуть збирати й тестувати прості схеми в середовищі TinkerCAD	
3	Блимання світлодіодом із частотою 1 Гц	Навчити учнів створювати програми для керування світлодіодом на платформі «Arduino» з використанням графічного Scratch-подібного середовища	
4	Почергове увімкнення трьох світлодіодів	Допомогти учням розібратись у тому, як використати макетну плату для з'єднання світлодіодів із платформою «Arduino». Учні матимуть опанувати базові концепції електроніки та алгоритмічного програмування	
5	Підключення кнопки до Arduino	Навчити учнів підключати кнопку до платформи «Arduino», використовуючи електронні компоненти та макетну плату, виводити дані при натисканні кнопки на монітор послідовного інтерфейсу. Учні зможуть ознайомитися з принципами роботи вхідних і вихідних сигналів, а також навчатися створювати програми в графічному Scratch-подібному середовищі	
6	Кнопка, RGB-світлодіод і широтно-імпульсна модуляція	Навчити учнів використовувати кнопку, RGB-світлодіод і технологію широтно-імпульсної модуляції (PWM) для керування яскравістю та кольором світлодіода. У результаті вони зможуть під'єднувати компоненти до плати Arduino, програмувати за допомогою графічної мови програмування типу Scratch та ефективно використовувати PWM для керування RGB-світлодіодом	
7	Різнокольорове блимання RGB-світлодіодом	Навчити учнів програмувати плату Arduino для застосування різноманітних кольорових ефектів, що дасть їм можливість створювати власні креативні проекти з використанням RGB-світлодіодів у майбутньому	
8	Блимавка з плавним регулюванням частоти	Навчити учнів підключати потенціометр до плати Arduino і використовувати його для регулювання частоти блимання світлодіода. Під час уроку учні навчатися зчитувати дані з потенціометра і використовувати їх для керування частотою блимання світлодіода	

Продовження табл. 1







№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
9	Керування яскравістю світлодіода за допомогою фоторезистора	Навчити учнів підключати фоторезистор до плати Arduino і використовувати його для керування яскравістю світлодіода. Учні також навчаться зчитувати значення аналогового сигналу з фоторезистора та використовувати його для зміни ширини імпульсів PWM на піні плати, що керує яскравістю світлодіода	
10	Керована зміна параметрів кольору RGB-світлодіода	Навчити учнів керувати параметрами кольору RGB-світлодіода за допомогою трьох потенціометрів, підключених до плати Arduino. Під час уроку учні навчаться зчитувати значення потенціометрів за допомогою аналогових входів Arduino, перетворювати ці значення на значення кольору та виводити їх на RGB-світлодіод для створення різних комбінацій кольорів	
11	Виведення температури з сенсора TMP36 на монітор послідовного інтерфейсу	Навчити учнів підключати сенсор температури TMP36 до плати Arduino і зчитувати дані із сенсора за допомогою аналогового входу плати. Під час уроку учні навчаться виводити температуру в градусах Цельсія на монітор послідовного інтерфейсу	
12	Керування RGB-світлодіодом за допомогою сенсора температури TMP36	Навчити учнів керувати кольором RGB-світлодіода за допомогою сенсора TMP36. При зміні значення температури, яку вимірює сенсор, буде змінюватися колір світіння. Це дасть змогу створити систему, яка буде сигналізувати про зміну температури за допомогою зміни кольору світлодіода, що є корисним у побуті та промисловості	
13	Програвання державного гімну України	Навчити учнів програмувати Arduino для відтворення мелодії. Як приклад взято мелодію Михайла Вербицького. Для цього використовується п'єзоелектричний випромінювач. У процесі навчання учні ознайомляться зі звуковими сигналами, їх частотою та тривалістю, а також із можливостями програмування Arduino для створення звукових ефектів. Крім того, учні отримають знання про структуру мелодій та ритміку, що дасть їм змогу створювати власні мелодії в майбутньому	
14	Ультразвуковий далекомір	Навчити учнів використовувати Arduino разом із сенсором відстані на основі ультразвукових хвиль для візуалізації відстані чотирма світлодіодами. Програмування відбувається графічною мовою	
15	Приклади STEM-проектів для початківців з інтернету	Навчити учнів роботи з Arduino на прикладі наявних STEM-проектів. Урок висвітлює ідеї зі створення лампи, що змінює колір світіння, світлодіодного куба, театру тіней, фонові підсвітки для телевізора, мініатюрного плоттера, метеостанції тощо. Урок допоможе учням розвинути навички роботи з Arduino та використання інтернету для знаходження інструкцій і прикладів проектів	
16	Огляд апаратної складової платформи «Arduino Uno»	Ознайомлення учнів з апаратною складовою платформи «Arduino Uno». В уроці розглянуто основні характеристики платформи, її складники. У результаті учні матимуть достатні знання для початку розроблення програм для Arduino Uno й використання додаткових електронних модулів	

Продовження табл. 1

№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
17	Структура програмного коду Arduino. Перші скетчі	Ознайомлення учнів зі структурою програмного коду для платформи «Arduino». В уроці розглянуто основні елементи коду для платформи «Arduino», як-от <code>setup ()</code> і <code>loop ()</code> . Крім того, учні зможуть створювати перші скетчі для взаємодії зі світлодіодами	
18	Використання циклів For та While	Навчити учнів використовувати цикли For та While у програмуванні на платформі «Arduino». Під час уроку діти ознайомляться із синтаксисом циклів та їх використанням у програмах для вирішення певних завдань. У результаті вони будуть здатні ефективно використовувати цикли у своїх скетчах	
19	Функція <code>analogWrite ()</code>	Ознайомити учнів із функцією <code>analogWrite ()</code> , яка дає змогу керувати широтою імпульсів для створення аналогових сигналів на PWM-виходах платформи. Урок спрямовано на розуміння принципів роботи цієї функції та її використання для керування яскравістю світлодіодів, швидкістю обертання двигунів. Учні дізнаються про діапазони значень, які можуть бути передані у функцію <code>analogWrite ()</code> , і про те, як налаштувати PWM-вихід для роботи з пристроями	
20	Масиви. Гімн України	Ознайомити учнів із концепцією масивів. Учні навчаться використовувати цикл For для ітерації через масив і застосовувати отримані знання для програмування мелодії на платформі «Arduino Uno»	
21	Простий дверний дзвінок із кнопкою	Ознайомити учнів із простим проектом дверного дзвінка на платформі «Arduino Uno». Під час уроку учні навчаться підключати кнопку до Arduino і використовувати цикли й умовні конструкції в програмному коді для керування звуковим сигналом дзвінка. Також вони ознайомляться з двома варіантами підключення кнопки і зможуть порівняти їх переваги та недоліки	
22	Брязкіт контактів при зчитуванні даних із цифрових контактів	Ознайомити учнів з явищем брязкоту контактів. В уроці розглянуто причини виникнення брязкоту контактів та різні способи його усунення. Зокрема, розглянуто програмний спосіб розв'язання проблеми, який полягає у використанні затримки в декілька мілісекунд для відсікання брязкоту контактів	
23	Дверний дзвінок із мелодією	Ознайомити учнів із принципом роботи дверного дзвінка з використанням алгоритму усунення брязкоту контактів. Під час уроку діти вдосконалять навички зчитування стану кнопки та відтворення мелодії за допомогою функції <code>tone ()</code>	
24	Бібліотеки коду Arduino. Як додати бібліотеку в TinkerCAD	Ознайомити учнів із концепцією бібліотек коду для Arduino та їх використанням у проектах. В уроці розглянуто, що таке бібліотеки коду, як їх знайти та завантажити, а також як їх використовувати у TinkerCAD	

№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
25	Виведення символів на рідкокристалічний дисплей	Навчити учнів підключати рідкокристалічний дисплей 1602 А до платформи «Arduino Uno» з паралельним введенням даних. Урок допоможе учням зрозуміти принцип роботи рідкокристалічного дисплея, принцип виведення символів за допомогою бібліотеки LiquidCrystal.h, що розвиватиме творчі та інженерні здібності	
26	Термометр на базі сенсора TMP36 з виведенням температури в градусах Цельсія	Створення термометра на базі сенсора TMP36, дисплея 1602 А, платформи «Arduino Uno». У результаті цього уроку учні матимуть можливість створити функціональний термометр, який буде здатний точно вимірювати температуру і відображати результат на екрані, що може бути корисним для використання в різних проєктах, які вимагають контролю за температурними умовами	
27	Як використовувати функції scrollDisplayLeft () і scrollDisplayRight ()	Навчити учнів використовувати функції scrollDisplayLeft () і scrollDisplayRight () для зміщення символів на рідкокристалічному дисплеї. Функція scrollDisplayLeft () зміщує символи вліво, звільняючи новий простір праворуч. Функція scrollDisplayRight () зміщує символи вправо, звільняючи новий простір ліворуч. Обидві функції можуть бути корисними, коли необхідно вивести довгий текст на дисплей, а розмір дисплея обмежує кількість символів, які можна відобразити одночасно	
28	Підключення рідкокристалічного дисплея 1602 за протоколом I ² C	Навчити учнів підключати рідкокристалічний дисплей до платформи «Arduino» за допомогою протоколу I ² C і виводити повідомлення на дисплей з використанням бібліотеки LiquidCrystal_I2C. h. В уроці розглянуті основні поняття, пов'язані з протоколом I ² C, зокрема адреса пристрою і шина I ² C	
29	Створення світлодіодного нічника	Навчити учнів створювати світлодіодний нічник із використанням RGB-світлодіода та функції SetMode (). RGB-світлодіод змінюватиме колір світіння після кожного натискання кнопки	
30	Підключення модулів NeoPixel до Arduino	Навчити учнів підключати модулі NeoPixel до платформи «Arduino» і використовувати бібліотеку Adafruit_NeoPixel.h для керування світлодіодами NeoPixel. Урок передбачає огляд основних функцій бібліотеки та реалізацію декількох прикладів, які демонструють роботу з модулями NeoPixel. Учні зможуть налаштувати кількість світлодіодів, змінювати їх колір і створювати різноманітні ефекти	
31	Демонстрація базового тестування StandTest Neopixel	Ознайомити учнів із базовим тестуванням StandTest Neopixel і продемонструвати його роботу. У демонстрації використане кільце NeoPixel Ring із 24-адресних RGB-світлодіодів WS2812. Підключення аналогічне світлодіодним стрічкам	



Продовження табл. 1

№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
32	NeoPixel: нескінченні рухомі вогні	Навчити учнів створювати нескінченні рухомі вогні з використанням світлодіодів NeoPixel. У цьому проєкті використано три світлодіодних стрічки, які з'єднані послідовно. Дві стрічки містять по 8 світлодіодів, а третя — 4 світлодіоди. За допомогою програмування ми змінюємо колір і швидкість рухомих вогнів. У процесі роботи над цим проєктом учні ознайомляться з основами програмування світлодіодів NeoPixel і набудуть досвіду розроблення світлових ефектів для декоративних елементів, прикрас та ін.	
33	Модель для демонстрації трикомпонентної теорії кольору на базі NeoPixel	Ознайомити учнів із трикомпонентною теорією кольору на прикладі моделі, побудованої на базі кільця NeoPixel із 24-адресними світлодіодами WS2812, і плати Arduino Uno, а також удосконалення навичок роботи з потенціометрами й аналоговим керуванням модулем. Учні зможуть демонструвати ефект трикомпонентної теорії кольору на практиці, регулюючи яскравість і кількість використовуваних світлодіодів у моделі. Завдяки уроку вони зможуть краще зрозуміти принципи роботи трикомпонентної теорії кольору RGB і надалі застосовувати отримані знання під час вивчення інформатики, фізики, біології та інших предметів	
34	Інфрачервоний пульт для дистанційного керування	Ознайомити учнів із принципом роботи інфрачервоних (ІЧ) пристроїв, зокрема з ІЧ-приймачем та пультом дистанційного керування, і навчити використовувати бібліотеку IRremote.h для зчитування даних, що надходять від ІЧ-пульта та відправки сигналів на керуючі пристрої, як-от світлодіоди. В уроці розглянуто два проєкти: «Читання даних із ІЧ-пульта дистанційного керування» та «Керування світлодіодами за допомогою ІЧ-пульта дистанційного керування»	
35	LED-нічник з інфрачервоним пультом керування	Ознайомити учнів із проєктом зі створення LED-нічника з ІЧ-пультом керування. Під час уроку учні отримують навички побудови інтерактивного пристрою, який можна використовувати в повсякденному житті	
36	Керування яскравістю світлодіода за допомогою інфрачервоного пульта	Ознайомити учнів із можливістю керувати яскравістю світлодіода за допомогою ІЧ-пульта. Урок спрямований на розширення знань учнів про роботу з бібліотекою IRremote. h. Також в уроці розглянуто алгоритм керування яскравістю світлодіода	
37	Підключення матричної клавіатури до Arduino	Ознайомити учнів із будовою матричних клавіатур і варіантами їх підключення до плати Arduino Uno. Розглянути, як зчитувати коди клавіш із клавіатури за допомогою бібліотеки Keypad. h. Також учні зможуть створити власні проєкти, які використовують матричну клавіатуру для взаємодії з користувачем	

Продовження табл. 1

№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
38	Матрична клавіатура з озвученням та індикацією	Розширити функціональність попереднього уроку з підключення матричної клавіатури до Arduino. В уроці продемонстровано, як додати рідкокристалічний дисплей для відображення натискань клавіш, а також п'єзоелектричний випромінювач для супроводження різними тонами натискання клавіш. Приклад застосування такої конфігурації може бути у створенні ігрових приставок зі звуковими ефектами	
39	Безкоштовні проекти для Arduino в TinkerCAD	Ознайомити учнів із можливостями безкоштовної платформи «TinkerCAD» для створення проектів на базі Arduino. Урок передбачає перегляд безкоштовних проектів, які можуть бути застосовані в різних STEM-проектах, як-от кодовий замок для вхідних дверей, управління кліматом у теплиці, створення розумного будинку. Після закінчення цього уроку учні зможуть модернізувати наявні проекти в середовищі TinkerCAD	
40	Сенсори газів серії MQ: принцип дії, характеристики, застосування	Формувати загальне уявлення про сенсори газів MQ-серії, зокрема сенсор MQ-2, його принцип дії, особливості та застосування. Урок має на меті продемонструвати, як сенсори газів MQ можуть бути використані для виявлення різних газів, як-от: пропан, метан, дим, спирт та ін.	
41	Підключення сенсора вологості ґрунту	Навчити учнів підключати сенсор вологості ґрунту до платформи «Arduino» і виводити дані з нього на монітор послідовного інтерфейсу. В уроці також розглянуто різні типи сенсорів вологості ґрунту та їхні особливості, недоліки та застосування. Учні дізнаються про резистивний та ємнісний датчик, а також про модуль резистивного датчика. Наведено проект зі світлодіодною індикацією вологості ґрунту	
42	Створення прототипу руки робота	Ознайомити учнів з основами мехатроніки і робототехніки, зокрема із сервоприводами та сенсорами гнучкості. На уроці учні дізнаються про базові функції бібліотеки Servo, навчаться управляти сервоприводом, дізнаються про сенсори гнучкості, їх недоліки та варіанти використання в різних сферах, зможуть розробити прототип маніпулятора з використанням сервоприводів та сенсорів гнучкості. Учні також ознайомляться з прикладами 3D-моделей роботизованих рук з інтернету	
43	Підключення резистивного датчика тиску	Ознайомити учнів із резистивним сенсором тиску, який дає змогу вимірювати силу натискання та вагу. В уроці подано принцип дії резистивного сенсора тиску, його особливості та застосування в промисловості й на практиці. Також розглянуто приклад підключення резистивного сенсора тиску до платформи «Arduino» та програмування мікроконтролера для вимірювання сили натискання	

Закінчення табл. 1

№	Тема відеоуроку	Мета відеоуроку	Покликання на відео у формі QR-коду
44	Підключення сенсора нахилу SW-200D	Ознайомити учнів із сенсором нахилу SW-200D, який дає змогу вимірювати нахил конструкції та вертикальну вібрацію. В уроці надано огляд варіантів підключення сенсора до плати Arduino Uno, опис роботи сенсора, а також програмні способи опрацювання даних	
45	Wokwi як альтернатива TinkerCAD Circuits для професійних проєктів, IoT	Ознайомити учнів з онлайн-сервісом Wokwi.com як альтернативою TinkerCAD Circuits. Урок демонструє переваги та можливості Wokwi для професійної електронної схемотехніки та IoT-проєктів. В уроці розглянуто як приклад створення першого проєкту у Wokwi, підключення бібліотеки Bounce2 та створення скетчу для усунення брязкоту контактів кнопки під час вмикання / вимикання світлодіода	

Таблиця 2

**Аудиторія каналу @voronkinalex
(статистика за останні 365 днів)**

Вік глядачів каналу	Перегляди (%)
13–17 років	0,83
18–24 роки	16,69
25–34 роки	9,95
35–44 роки	56,41
45–54 роки	9,5
55–64 роки	2,98
Старші за 65 років	3,65

Ця стаття стане методичним джерелом інформації для педагогів закладів загальної середньої освіти, які планують упроваджувати інноваційні методи навчання STEM-предметів із застосуванням платформи «Arduino». Використання відеоуроків учнями додатково дає їм змогу обирати зручні для себе час, місце і темп для роботи із запропонованими проєктами в середовищі TinkerCAD.

Список використаних джерел

- Vasquez J. A., Cary S., Comer M. STEM Lesson Essentials, Grades 3–8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. UK : Heinemann Educational Books, 2013. 192 p.
- Юзбашева Г. С. Шлях до STEM-освіти на Херсонщині. *STEM-школа — 2022* : зб. матеріалів. Київ : Освіта, 2022. С. 31–45.
- Лехан С. А. ARDUINO для школярів. Програмування. Білгород-Дністровський : Білгород-Дністровська загальноосвітня школа I–III ступенів № 3, 2018. 69 с.
- From mind to design in minutes. URL: <https://www.tinkercad.com> (дата звернення: 11.05.2023).
- Khan R., Cobern W. W., Adams B. A., Filho J. R. STEM Students' Voluntary Use of YouTube to Learn Science Topics Taught in High School and/or College. *Physics Education Research Conference Proceedings (August, 1–2, 2018)*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.Khan>.
- The Effects of Using Educational Videos in Online Learning: A Case Study for Basic Computer Science Subject / N. A. Ramly et al. *International Journal of Recent Technology and Applied Science (IJORTAS)*. 2023. Vol. 5. № 1. Pp. 12–23. DOI: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijortas-0501.479>.
- Dalal M. Impact of Multi-Media Tutorials in a Computer Science Laboratory Course — An Empirical Study. *Electronic Journal of e-Learning*. 2014. № 12. Pp. 366–374.
- Otchie W. O., Pedaste M., Bardone E., Chounta I. Can YouTube videos facilitate teaching and learning of STEM subjects in high schools? *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*. 2020. Vol. 20. № 1. Pp. 3–8.
- Van der Meij H., Van der Meij J. Demonstration-based training (DBT) in the design of a video tutorial for software training. *Instructional Science*. 2016. Vol. 44 (6). Pp. 527–542. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9394-9>.
- Anderson J. R. *The Architecture of Cognition*. Cambridge : Harvard University Press, 1983. 314 p.
- Preradovic N. M., Lauc T., Panev I. Investigating Interactivity in Instructional Video Tutorials for an

- Undergraduate Informatics Course. *Issues in Educational Research*. 2020. № 30 (1). Pp. 203–223.
12. Ou C., Joyner D. A., Goel A. K. Designing and Developing Videos for Online Learning: A Seven-Principle Model. *Online Learning*. 2019. Vol. 23. № 2. Pp. 82–104. DOI: <https://doi.org/10.24059/olj.v23i2.1449>.
 13. The State of Video in Education 2022. Global Insights and Trends in K-12 & Higher Ed. 19 p. URL: <https://corp.kaltura.com/wp-content/uploads/2021/12/2022-state-of-video-in-education-kaltura.pdf> (дата звернення: 11.05.2023).
 14. Raiyn J. The Role of Visual Learning in Improving Students' High-Order Thinking Skills. *Journal of Education and Practice*. 2016. Vol. 7. № 24. Pp. 115–121.
- References**
1. Vasquez, J. A., Cary, S., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3–8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. UK : Heinemann Educational Books.
 2. Yuzbasheva, H. S. (2022). Shliakh do STEM-osvity na Khersonshchyni [The way to STEM education in the Kherson region]. *STEM-shkola — STEM school: Proceedings*, (pp. 31–45). Kyiv : Osvita [in Ukrainian].
 3. Liekhan, S. A. (2018). *ARDUINO dlia shkolariv. Prohrumuvannia [ARDUINO for schoolchildren. Programming]*. Bilhorod-Dnistrovskiyi : Bilhorod-Dnistrovska zahalnoosvitnia shkola I–III stupeniv № 3 [in Ukrainian].
 4. From mind to design in minutes. (2019). Retrieved from <https://www.tinkercad.com>.
 5. Khan, R., Cobern, W. W., Adams, B. A., & Filho, J. R. (2018). STEM Students' Voluntary Use of YouTube to Learn Science Topics Taught in High School and/or College. *Physics Education Research Conference Proceedings*. Washington, DC. DOI: <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.Khan>.
 6. Ramly, N. A., Rosli, A. N., Suhaimi, S., Abd Wahab, M. H., & Ariffin, A. H. (2023). The Effects of Using Educational Videos in Online Learning: A Case Study for Basic Computer Science Subject. *International Journal of Recent Technology and Applied Science (IJORTAS)*, 5 (1), 12–23. DOI: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijortas-0501.479>.
 7. Dalal, M. (2014). Impact of Multi-Media Tutorials in a Computer Science Laboratory Course — An Empirical Study. *Electronic Journal of e-Learning*, 12, 366–374.
 8. Otchie, W. O., Pedaste, M., Bardone, E., & Chounta, I. (2020). Can YouTube videos facilitate teaching and learning of STEM subjects in high schools? *Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology*, 20 (1), 3–8.
 9. Van der Meij, H., & Van der Meij, J. (2016). Demonstration-based training (DBT) in the design of a video tutorial for software training. *Instructional Science*, 44 (6), 527–542. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9394-9>.
 10. Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge : Harvard University Press.
 11. Preradovic, N. M., Lauc, T., & Panev, I. (2020). Investigating Interactivity in Instructional Video Tutorials for an Undergraduate Informatics Course. *Issues in Educational Research*, 30 (1), 203–223.
 12. Ou, C., Joyner, D. A., & Goel, A. K. (2019). Designing and Developing Videos for Online Learning: A Seven-Principle Model. *Online Learning*, 23 (2), 82–104. DOI: <https://doi.org/10.24059/olj.v23i2.1449>.
 13. The State of Video in Education 2022 Global Insights and Trends in K-12 & Higher Ed. (n. d.). Retrieved from <https://corp.kaltura.com/wp-content/uploads/2021/12/2022-state-of-video-in-education-kaltura.pdf>.
 14. Raiyn, J. (2016). The Role of Visual Learning in Improving Students' High-Order Thinking Skills. *Journal of Education and Practice*, 7 (24), 115–121.

O. S. Voronkin

STEM IN ACTION: VIDEO COURSE “ARDUINO IN TINKERCAD”

Abstract. In the context of an integrated approach to education, this paper emphasizes the importance of utilizing video resources as a powerful tool for STEM education. The authors present their experience in creating a series of video lessons aimed at disseminating knowledge on Arduino programming using the TinkerCAD platform. The use of this platform allows individuals to learn programming even when access to physical Arduino boards is limited, which is especially relevant in the face of destructions in Ukraine's educational infrastructure and mass migration of educational participants. The need for multimedia Ukrainian content on YouTube is stressed as a means to popularize knowledge about methods and techniques of Arduino programming in TinkerCAD among a broad audience, including students of different age groups and educators interested in electronics and STEM education. The content of the video lessons is described, highlighting their significant feature — the hyperlink of TinkerCAD projects. This interactivity enables teachers and students to actively improve their skills and projects while simultaneously watching video lessons, simplifying the learning process. An analysis of the author's YouTube channel demonstrates substantial interest in this

content, both from students of general secondary education institutions of Ukraine and viewers of various age groups from different countries. This popularity attests to the relevance and importance of the "Arduino in TinkerCAD" video course as a whole. In conclusion, this article will be a valuable instructional resource for educators seeking to implement innovative teaching methods for STEM subjects using Arduino, especially in the face of modern challenges.

Keywords: video lessons, STEM education, Arduino, programming.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Воронкін Олексій Сергійович — канд. пед. наук, викладач-методист, Сєверодонецький фаховий коледж культури і мистецтв імені Сергія Прокоф'єва, м. Коломия, Україна, alex.voronkin@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4088-7147>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Voronkin O. S. — PhD in Pedagogy, teacher-methodologist, Serhii Prokofiev Severodonetsk Professional College of culture and arts, Kolomyia, Ukraine, alex.voronkin@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4088-7147>

Стаття надійшла до редакції / Received 16.10.2023