

А. І. Атамась

# ВИКОРИСТАННЯ CHATGPT ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ STEM-ЦЕНТРУ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

**Анотація.** Одним із ключових завдань для ефективного розвитку STEM-освіти є впровадження сучасних засобів навчання, зокрема цифрових вимірювальних комплексів, які є невід'ємною складовою сучасного STEM-центру, або STEM-лабораторії. Широке застосування цифрових вимірювальних комплексів стримується їхньою високою вартістю. Можливим розв'язанням цієї проблеми є їх створення на базі платформ «Arduino» та сумісних з ними датчиків. Платформи «Arduino» потребують програмування, на вивчення мови якого може знадобитися тривалий час. У цій роботі розглянуто підхід до побудови цифрових вимірювальних комплексів на платформі «Arduino», який передбачає використання ChatGPT для створення програмного коду. Запропонований підхід розглянуто на двох прикладах. Дослідження засвідчило, що використання платформ «Arduino» у комплексі з інструментом потокового передавання даних «Excel Data Streamer» дає змогу будувати доступні широкому колу педагогів та учнів вимірювальні комплекси для виконання лабораторних робіт і навчальних досліджень. Використання ChatGPT для створення програмного коду суттєво полегшує завдання, звільняючи від необхідності глибокого вивчення мови програмування на початковому етапі. Водночас згенеровані ChatGPT програмні коди містять коментарі до команд, що сприяє поступовому та ненав'язливому засвоєнню мови програмування і, відповідно, розвитку таких важливих для STEM-освіти компетенцій, як алгоритмічне мислення та цифрова грамотність. Платформи «Arduino» дають змогу не лише реєструвати дані, а й виконувати ті чи інші операції керування. Використання інструменту «Excel Data Streamer» забезпечує високі обчислювальні можливості. Загалом запропонований підхід є працездатним, досить гнучким і допомагає оперативно створювати цифрові вимірювальні комплекси під різні задачі.

**Ключові слова:** STEM-освіта, цифровий вимірювальний комплекс, Arduino, ChatGPT, Excel Data Streamer.

**Вступ.** Останнім часом в усьому світі спостерігається дефіцит фахівців у галузях машинобудування, металургії, інформаційних технологій, будівництва, сільського господарства, транспорту, науки та високотехнологічного виробництва. Ці спеціальності, пов'язані з наукою, технологіями й інжинірингом, у XXI ст. увійшли до групи STEM-спеціальностей. Причиною дефіциту фахівців STEM-спеціальностей, які роблять найбільш вагомий внесок

у виробництво валового внутрішнього продукту, є втрата популярності науково-технічних та інженерних професій, а отже, зниження зацікавлення вивченням природничо-технічних наук і математики. В Україні про таку тенденцію свідчить факт від'ємної динаміки кількості випускників, які обирають для ЗНО математику, фізику, хімію та біологію. Так, з 2012 до 2019 р. чисельність випускників, які здають ЗНО з фізики, зменшилася з 67 000 до 23 000, а з хімії — з 48 000 до 15 000 [1]. З огляду на це STEM має стати складовою частиною державної політики

з підвищення рівня конкурентоспроможності національної економіки та розвитку людського капіталу, одним з ключових факторів інноваційної діяльності у сфері освіти, що відповідає запитам економіки та потребам суспільства [2].

STEM-освіта спрямована на розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних, технічних та інженерних знань і вмінь для вирішення реальних проблем [1; 2].

Першочерговими завданнями для ефективного розвитку напрямів STEM-освіти є розроблення науково-методичного забезпечення та впровадження сучасних засобів навчання, підготовка та підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників, розширення мережі регіональних STEM-центрів, або STEM-лабораторій, проведення науково-прикладних досліджень, аналіз процесу розбудови та динаміки розвитку STEM-освіти, виявлення проблем і прогнозування подальших тенденцій впровадження її напрямів [2].

До новітніх засобів навчання належать цифрові вимірювальні комплекси (далі — ЦВК), які є невід’ємною складовою сучасного STEM-центру, або STEM-лабораторії. Впровадження ЦВК в освітній процес потребує навчання роботи з ними вчителів, отже, й відповідного методичного забезпечення. З огляду на зазначене розробка та створення ЦВК з подальшим навчанням викладачів роботи з ними є актуальними завданнями для успішного впровадження та розвитку STEM-освіти.

**Аналіз джерел.** На думку деяких науковців [3], сучасних учнів важко залучити до вивчення природничих наук, використовуючи традиційні методи навчання, оскільки вони звикли до високого рівня інтерактивності та ігор. Через брак ресурсів багато шкіл не може забезпечити своїм учням належний доступ до наукових лабораторій. У результаті вони не мають можливості вивчати практичні науки, що є невід’ємною частиною наукової освіти.

Використання цифрових технологій у STEM-навчанні сприяє зацікавленості учнів, розширенню доступу до практичної наукової освіти, відповідно й покращенню результатів їхнього навчання. Інтерактивні віртуальні лабораторії з елементами

гейміфікації, як-от: 3D-всесвіти, віртуальна та доповнена реальності, мобільні застосунки — найбільш часто використовувані цифрові інструменти, які підтримують STEM-освіту [4].

Автор роботи «Вивчення STEM-компетенцій для XXI ст.» [5] вважає алгоритмічне мислення та цифрову грамотність однією з ключових компетенцій, яку варто розвивати в межах STEM-освіти. Ця компетенція полягає у вмінні ефективно використовувати цифрові технології, зокрема комп’ютер, планшет або мобільний телефон та інтернет-сервіси для спілкування, пошуку, обробки та представлення даних, формулювання проблем і наведення рішень у формі комп’ютерних алгоритмів, які можуть використовуватися машиною, складання інструкцій або алгоритмів, завдяки яким інтелектуальні системи виконуватимуть певні завдання, а також для розвитку логічного мислення, розпізнавання образів, абстракцій.

Одним з яскравих прикладів сучасних інтернет-сервісів є ChatGPT. За даними дослідження Дж. Л. Патеро [6], використання ChatGPT для роз’яснення у режимі реального часу в процесі вивчення електрики та основ електроніки підвищило середній бал учнів на 28%. Недоліком такого використання ChatGPT є його застосування для вивчення лише теоретичних відомостей.

За результатами опитування, проведеного Л. Гриневич, Н. Морзе, В. Вембер, М. Бойко [7], виявилось, що найвагомішими причинами уповільнення впровадження STEM-освіти у школах є відсутність спеціалізованих STEM-лабораторій (70%), недостатня навченість вчителів впровадженню STEM (60%), використанню цифрових ресурсів та інструментів для STEM (57%). Автори зазначають, що реальні практичні та лабораторні заняття є невід’ємною частиною будь-якої навчальної програми з природничо-технічних наук, оскільки забезпечують практичне застосування студентами засвоєних теоретичних відомостей, а також можливості для розвитку практичних навичок [7].

Цей факт підтверджується і результатами дослідження, наведеного в роботі «Порівняння підходів студентів до дослідження, концептуального навчання та роботи в лабораторіях на основі симуляції та мікрокомп’ютерів» [8]. У процесі експерименту дві групи учнів виконували одну й ту саму лабораторну роботу різними методами. Лабораторна робота полягала

у вивченні та перевірці закону Бойля — Маріотта. Перша група учнів виконувала її за допомогою віртуальної лабораторії, а друга — послуговуючись ЦВК та необхідним реальним обладнанням. В обох випадках збір даних та оброблення результатів дослідів відбувалися за допомогою комп'ютера. Результати дослідження засвідчили, що обидві групи продемонстрували однаково гарні результати і досягли значних успіхів у засвоєнні навчального матеріалу. Однак застосування ЦВК з маніпуляціями реальними фізичними об'єктами збільшило зацікавлення та мотивацію учнів щодо вивчення досліджуваного явища. Один з учасників під час опитування зазначив, що у процесі лабораторної роботи з використанням ЦВК та реального обладнання він мав змогу тактильно відчувати тиск повітря певної відомої величини, і саме цей момент зумовив різке зростання його зацікавленості вивченням теми, до якої належала проведена лабораторна робота.

Отже, використання ЦВК у навчальному процесі відкриває можливість проводити реальні навчальні дослідження та формувати в учнів компетенції, які складно або неможливо набутти, використовуючи лише віртуальні лабораторії. Широке застосування ЦВК стримується передусім їхньою високою вартістю. Можливим розв'язанням цієї проблеми є їх створення на базі платформ «Arduino» та сумісних з ними датчиків [9]. Платформи «Arduino» успішно використовуються навіть у закладах вищої освіти, зокрема під час вивчення алгоритмів керування пристроями силової електроніки, такими як інвертори та драйвери електродвигунів [10]. Ці платформи потребують програмування, на вивчення мови якого може знадобитися тривалий час. Позаяк метою побудови та використання ЦВК є реєстрація певних фізичних величин з подальшою обробкою результатів, а не вивчення тієї чи іншої мови програмування, ми пропонуємо для створення програмних кодів використовувати ChatGPT.

**Метою роботи** є дослідження на конкретному прикладі підходу до розробки та побудови ЦВК на платформі «Arduino», який передбачає використання ChatGPT для створення програмного коду.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо ЦВК на прикладі конфігурації, що містить датчики напруги, струму та температури. Використання цієї конфігурації передбачене в описах методик лабораторних та дослідницьких робіт [11]:

- «Дослідження теплової дії електричного струму»;
  - «Визначення температурного коефіцієнта опору металу та дослідження залежності опору напівпровідника від температури»;
  - «Визначення температурного коефіцієнта опору напівпровідника»;
  - «Дослідження перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельтьє».
- Водночас такий ЦВК може застосовуватися у лабораторних роботах, для виконання яких потрібні лише датчики напруги та сили струму, без датчика температури:
- «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму»;
  - «Перевірка закону Ома для ділянки кола та визначення опору провідника»;
  - «Дослідження електричних кіл із нелінійними елементами»;
  - «Дослідження електричного кола з напівпровідниковим діодом»;
  - «Визначення ємності та енергії зарядженого конденсатора»;
  - «Дослідження перетворення механічної енергії на електричну»;
  - «Дослідження паливного елемента»;
  - «Вплив електричного навантаження генератора постійного струму на механічний опір обертанню його валу»;
  - «Дослідження суперконденсатора та побудова його еквівалентної схеми».

А також у роботах, для виконання яких потрібен лише один датчик температури:

- «Вивчення явища охолодження суміші»;
- «Дослідження виділення енергії у процесі горіння»;
- «Дослідження теплових властивостей тіосульфату натрію»;
- «Моделювання та дослідження радіоактивного розпаду».

Лабораторні роботи «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму» та «Вимірювання температурного коефіцієнта опору металу» передбачені у підручнику з фізики [12]. У підручнику «Фізика і астрономія» [13] вміщено лабораторні роботи «Визначення ємності та енергії зарядженого конденсатора», «Визначення ЕРС та внутрішнього опору джерела струму», «Дослідження електричного кола з напівпровідниковим діодом», які могли б виконуватися із застосуванням ЦВК.

На ресурсі «Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України» [11] описано кілька

методик лабораторних, а також навчальних дослідницьких робіт зі створення та використання ЦВК на платформі «Arduino Nano 33 BLE Sense». Запропоновані ЦВК передбачають передачу даних по Bluetooth до мобільних застосунків «Arduino Science Journal» або «Phyphox». Ці мобільні застосунки не мають значних обчислювальних можливостей, тому в деяких випадках доводиться експортувати отримані дані до програми «Excel» і вже в цьому середовищі проводити подальшу математичну обробку. Згідно з методиками, передбачається отримання даних лише з групи сенсорів, вбудованих до платформи «Arduino Nano 33 BLE Sense». Отже, ЦВК на платформі «Arduino Nano 33 BLE Sense» є достатньо універсальним, але не завжди гнучким і зручним інструментом.

Іншим варіантом побудови ЦВК для навчальних досліджень, які потребують значних

обчислювальних можливостей, є використання платформи «Arduino» та програми «Excel» з надбудовою «Excel Data Streamer» [14; 15]. Ця надбудова дає змогу здійснювати потокове передавання даних з мікроконтролера безпосередньо до таблиць програми «Excel», проводити математичні обчислення та будувати графіки залежностей у режимі реального часу.

На рис. 1 наведено схему ЦВК, розробленого відповідно до обраного прикладу конфігурації, для виконання лабораторної роботи «Дослідження теплової дії електричного струму». Для створення ЦВК обрано платформу «Arduino UNO». Напряга, прикладена до нагрівача, вимірюється за допомогою аналогового входу A0. Для вимірювання сили струму в колі нагрівача обрано аналоговий датчик MAX471, а для вимірювання температури — цифровий датчик DS18B20.

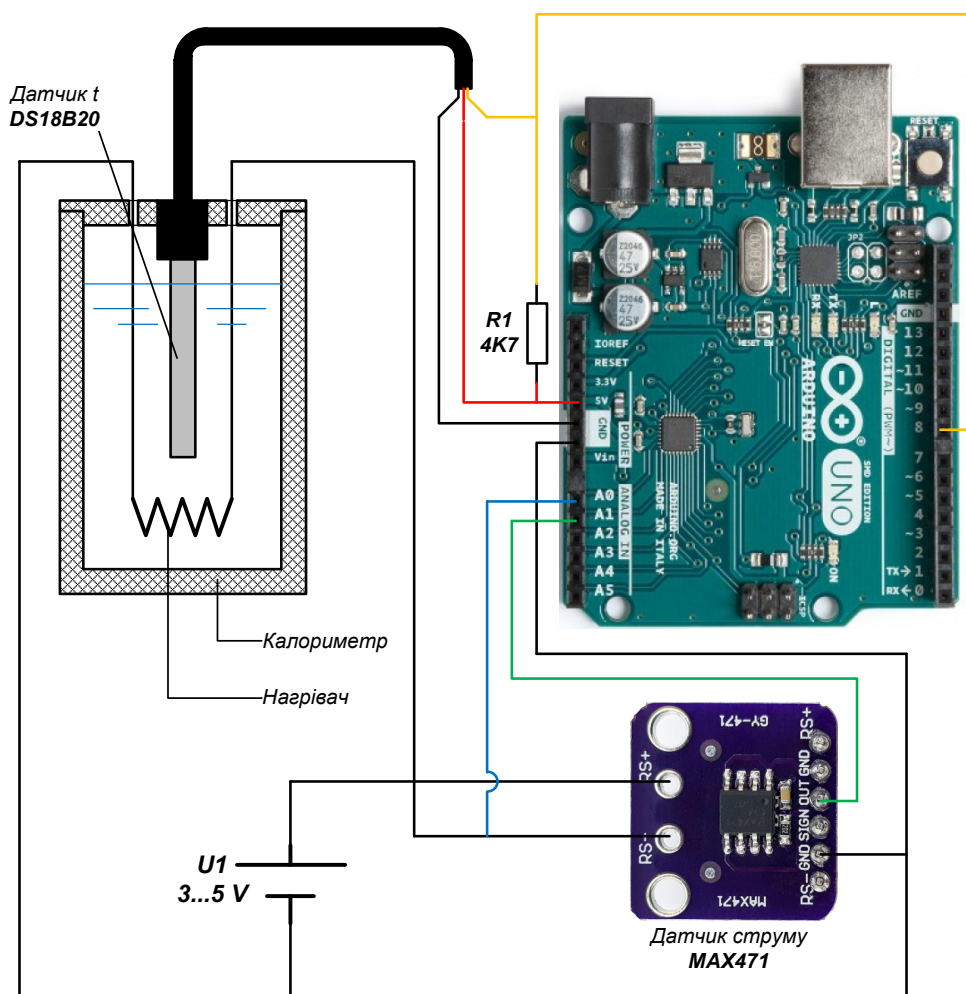


Рис. 1. Схема ЦВК

Ось програмний код для Arduino, який вимірює напругу, струм і температуру та виводить результати у вигляді числових значень через кому на монітор порту:

```

arduino Copy code

#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

OneWire oneWire(8); // Пін для підключення датчика температури DS18B20
DallasTemperature sensors(&oneWire);

const int analogVoltagePin = A0; // Аналоговий вхід для напруги
const int analogCurrentPin = A1; // Аналоговий вхід для струму
const unsigned long measurementInterval = 1000; // Інтервал вимірювань (1 сек)

unsigned long previousMeasurementTime = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin(); // Ініціалізація датчика температури
}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - previousMeasurementTime >= measurementInterval) {
    previousMeasurementTime = currentMillis;

    float voltage = analogRead(analogVoltagePin) * (5.0 / 1023.0); // Перетворення напруги
    float current = analogRead(analogCurrentPin) * (5.0 / 1023.0) * 1.0; // Перетворення струму
    sensors.requestTemperatures(); // Запит температури від датчика DS18B20
    float temperature = sensors.getTempCByIndex(0); // Отримання температури

    Serial.print(currentMillis / 1000); // Виведення часу в секундах
    Serial.print(", ");
    Serial.print(voltage); // Виведення напруги
    Serial.print(", ");
    Serial.print(current); // Виведення струму
    Serial.print(", ");
    Serial.println(temperature); // Виведення температури
  }
}

```

Regenerate

Рис. 2. Відповідь ChatGPT

Скористаємося ChatGPT, щоб написати програмний код до наведеного ЦВК. Для цього треба у зрозумілій та однозначній формі сформулювати запит.

Приклад запити: «Мені потрібен програмний код для схеми на Arduino, призначеної для вимірювання напруги, струму та температури. Для вимірювання напруги я застосовую аналоговий вхід A0. Для вимірювання струму — датчик MAX471, вихід якого під'єднано до аналогового входу A1. Рівень сигналу напруги з виходу датчика струму дорівнює 1 В/А. Для вимірювання

температури я використовую датчик DS18B20, сигнал з якого подається до цифрового входу D8. Дані мені потрібно виводити на монітор порту у вигляді лише числових значень, без назв та одиниць вимірювання величин, через кому: значення часу в секундах з моменту початку реєстрації, значення напруги, значення струму, значення температури у градусах за Цельсієм, далі пауза в 1 секунду і так само результати наступних вимірювань з нового рядка».

На рис. 2 наведено відповідь ChatGPT із згенерованим програмним кодом.

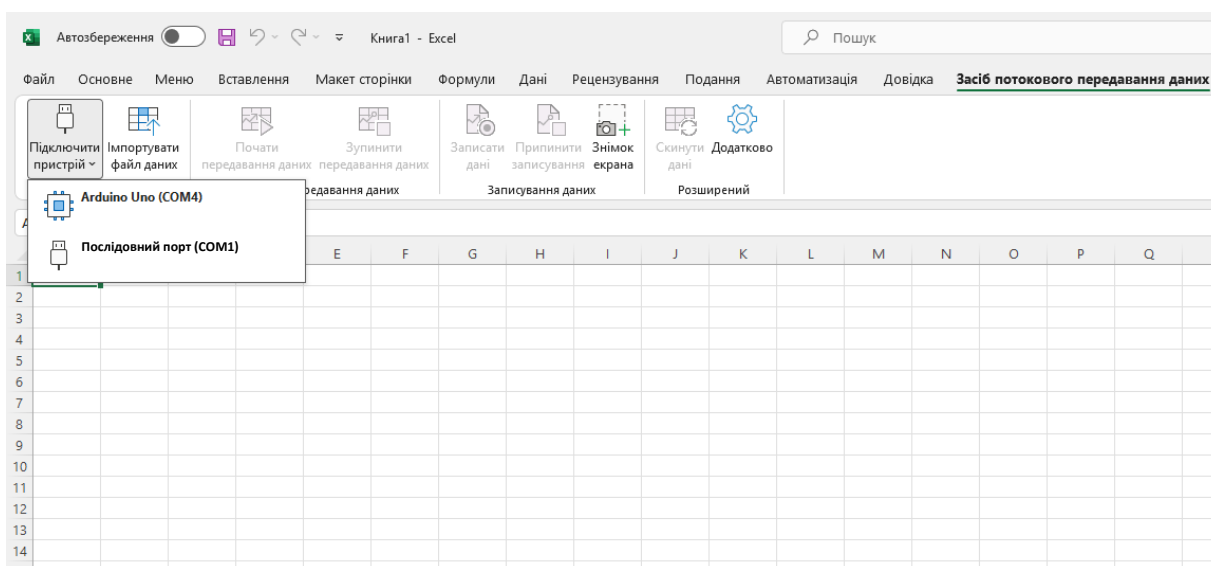


Рис. 3. Підключення платформи «Arduino» до засобу потокового передавання даних

Далі необхідно скопіювати отриманий програмний код до чистого вікна програми «Arduino IDE» та завантажити його на платформу «Arduino». Після цього потрібно відкрити програму «Excel» версії, яка має надбудову «Excel Data Streamer».

У вікні програми відкрити вкладку «Засіб потокового передавання даних» і в цій вкладці натиснути «Підключити пристрій». Платформа «Arduino» має бути розпізнана програмою і з'явиться у списку (рис. 3).

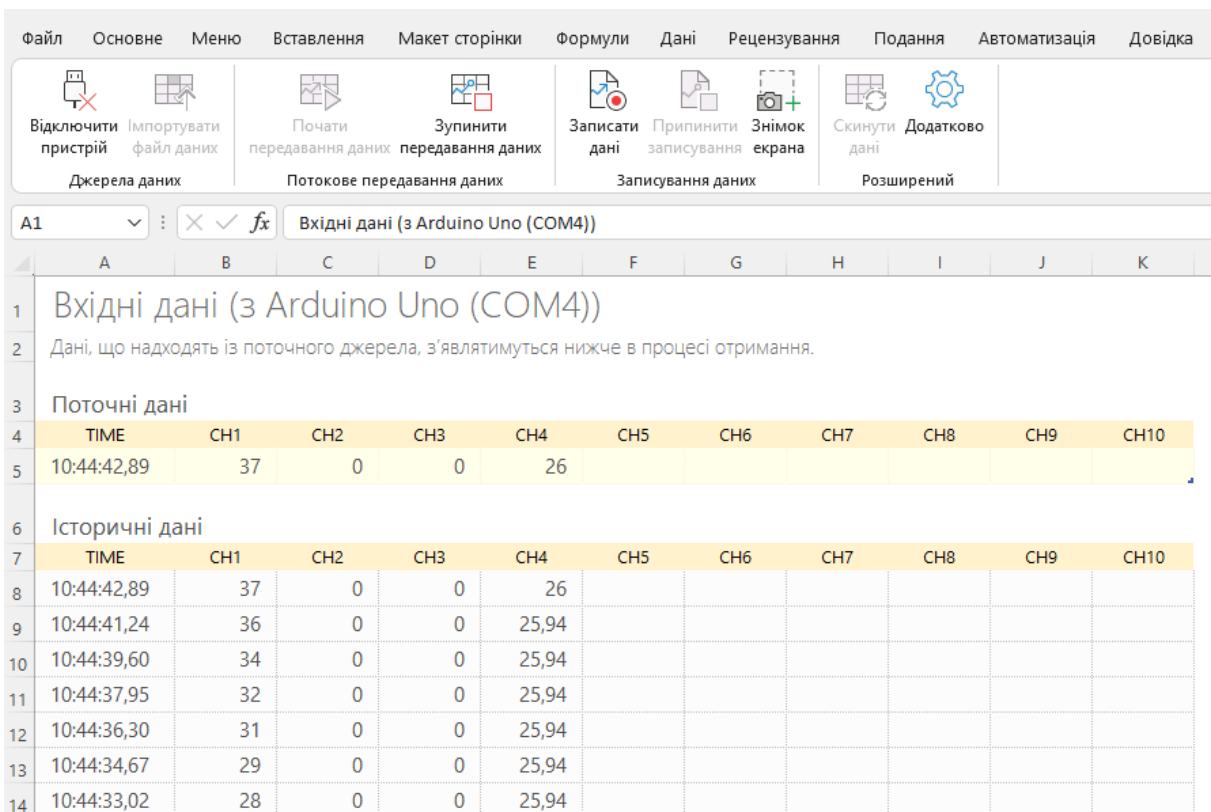


Рис. 4. Запис даних

Після підключення платформи «Arduino» треба натиснути «Почати передавання даних», в результаті чого на аркуш «Вхідні дані» мають почати записуватися дані вимірювань (рис. 4).

Для зручної роботи з ЦВК краще створити та зберегти окремий файл. Задля цього на аркуші «Параметри» змінити налаштування «Рядки даних», вказавши необхідну кількість рядків з урахуванням тривалості експерименту. На вільному аркуші (Аркуш 1) потрібно створити відповідну таблицю даних з такою самою кількістю рядків. Далі у стовпцях створеної таблиці вказати дані з відповідних стовпців (каналів) аркуша вхідних даних. За необхідності можна додати стовпчики з результатами математичної обробки вимірювань. Для візуалізації під час експерименту потрібно створити відповідні діаграми.

Приклад потокової реєстрації даних з математичною обробкою та побудовою графіків у реальному часі за допомогою надбудови «Excel Data Streamer» представлено на рис. 5.

Окрім звичайної реєстрації та обробки даних ЦВК, побудовані на платформі «Arduino», можуть здійснювати допоміжні операції керування, зокрема вмикання, вимикання або перемикавання, що створює додаткові зручності під час роботи. На рис. 6 зображена схема ЦВК для циклічного тестування суперконденсаторів та інших електрохімічних комірок, програмний код для якої також створений за допомогою ChatGPT.

Напруга на суперконденсаторі  $C1$  вимірюється за допомогою аналогового входу  $A0$ . Для визначення струму за допомогою аналогового входу  $A1$  вимірюється напруга на резисторі  $R1$ , опір якого точно визначений, після чого Arduino обчислює падіння напруги на цьому резисторі та струм через нього. У цій схемі за допомогою Arduino UNO здійснюється не лише зчитування напруг на конденсаторі  $C1$  та резисторі  $R1$ , а й керування перемиканням із заряду на розряд, і навпаки, за допомогою транзисторів  $Q1$ ,  $Q2$  та  $Q3$ . Коли напруга на суперконденсаторі

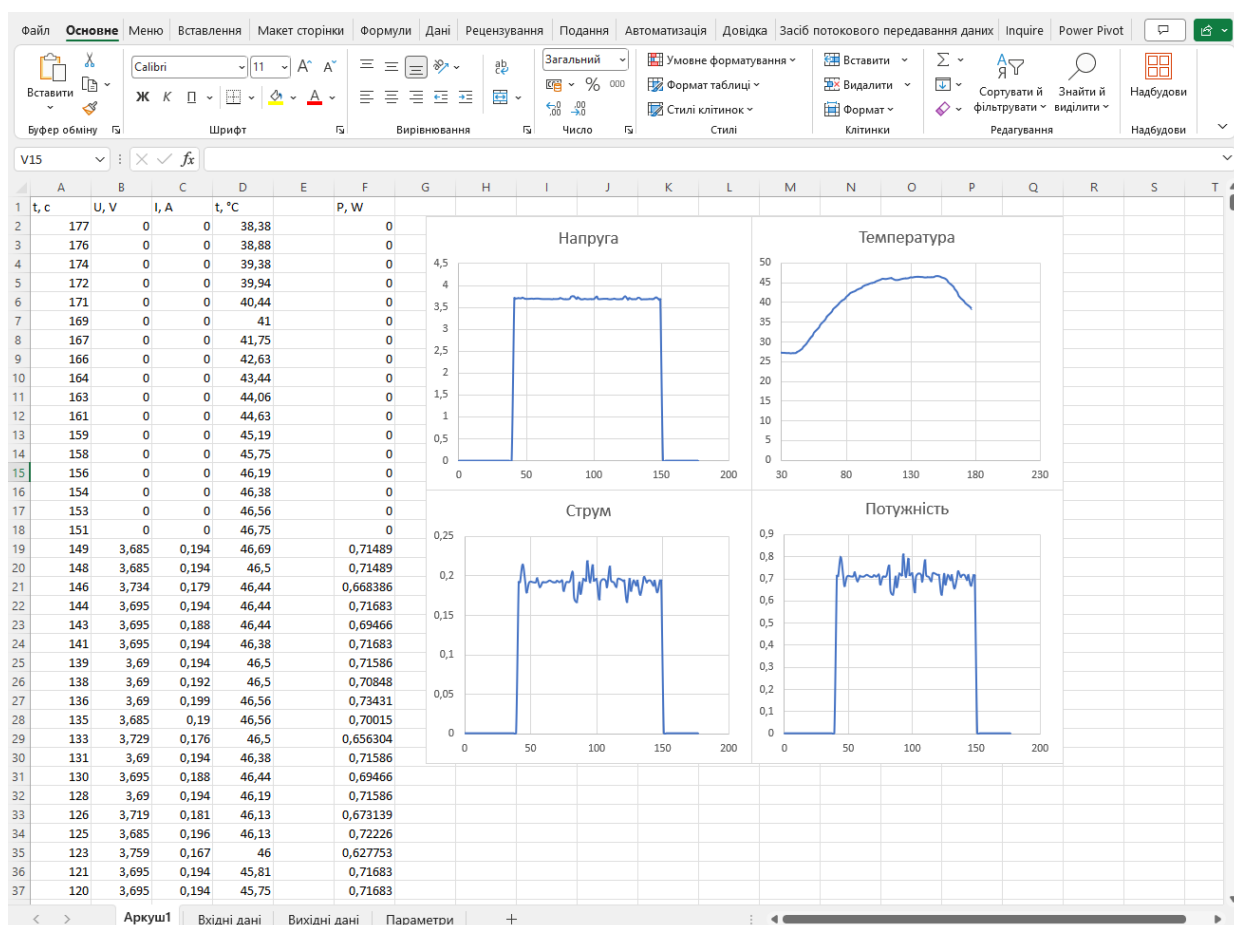


Рис. 5. Приклад реєстрації та обробки даних у файлі «Excel»

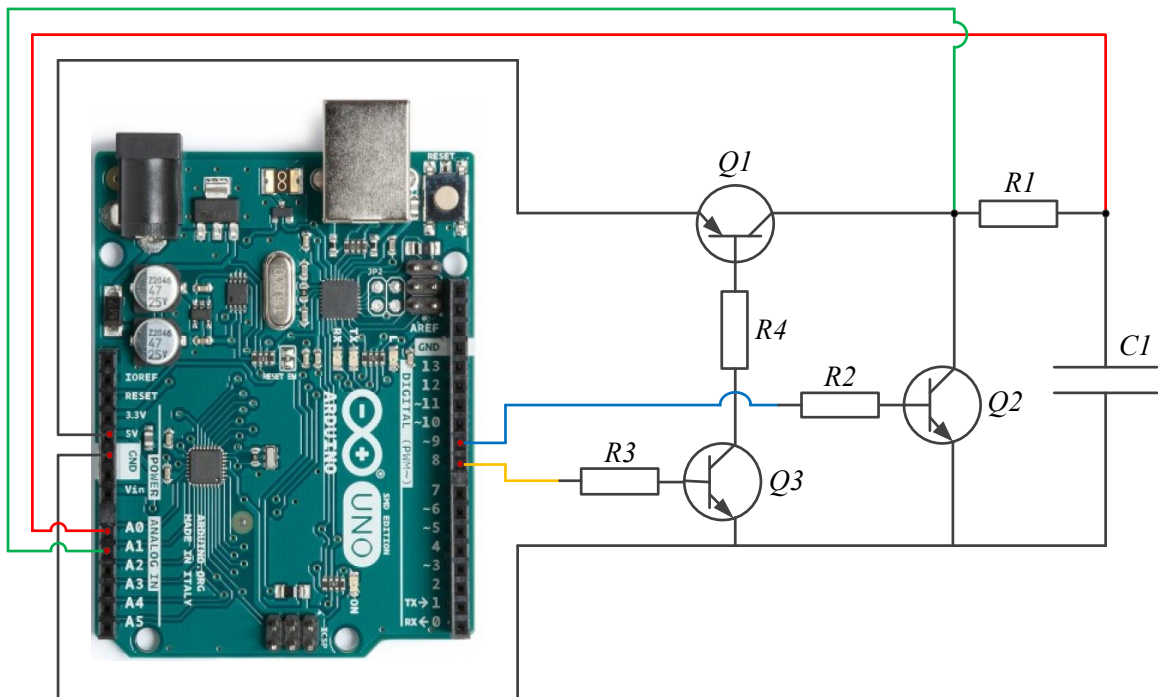


Рис. 6. ЦВК для циклічного тестування суперконденсаторів

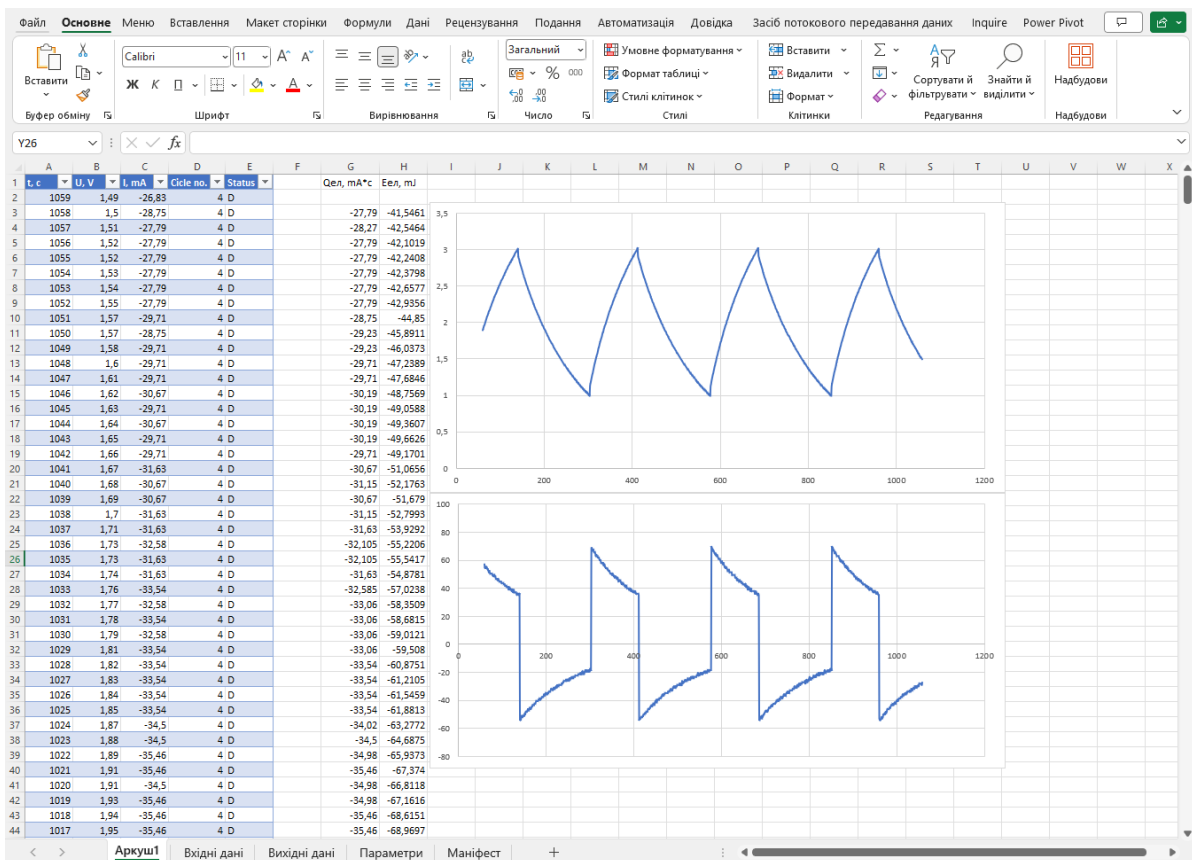


Рис. 7. Приклад реєстрації та обробки даних у файлі «Excel» під час циклічного тестування суперконденсаторів



менше заданого у програмному кодї значення, то на цифровому виході D8 наявний сигнал логічної одиниці, а на D9 — логічного нуля. Транзистори Q1 та Q3 при цьому відкриті, а Q2 — закритий, відбувається заряд суперконденсатора. Коли напруга на суперконденсаторі досягає заданого значення кінця заряду, на цифровому виході D8 з'являється сигнал логічного нуля, а на D9 — логічної одиниці. Транзистори Q1 та Q3 при цьому закриваються, а Q2 — відкривається, і починається розряд суперконденсатора. При досягненні напругою значення кінця розряду на цифровому виході D8 знову з'являється сигнал логічної одиниці, а на D9 — логічного нуля, і суперконденсатор починає заряджатися.

Приклад потокової реєстрації даних з математичною обробкою та побудовою графіків у реальному часі в процесі циклічного тестування суперконденсатора представлено на рис. 7.

ЦВК такої конфігурації може бути використаний під час виконання дослідницької «Дослідження суперконденсатора та побудова його еквівалентної схеми» та лабораторної «Визначення ємності та енергії зарядженого конденсатора» робіт, розміщених на ресурсі «Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України» [11], а також під час інших досліджень, пов'язаних з електрохімічними комітками та системами.

**Висновки.** Використання платформ «Arduino» у комплексі з інструментом потокового передавання даних «Excel Data Streamer» дає змогу створювати доступні широкому колу педагогів та учнів ЦВК для виконання лабораторних робіт і навчальних досліджень. Використання ChatGPT для створення програмного коду суттєво полегшує завдання, позбавляючи необхідності глибокого вивчення мови програмування на початковому етапі. Водночас згенеровані ChatGPT програмні коди містять коментарі до команд, що сприяє поступовому та ненав'язливому засвоєнню мови програмування, допомагає розвитку такої важливої для STEM-освіти компетенції, як алгоритмічне мислення та цифрова грамотність. Платформи «Arduino» дають змогу здійснювати як реєстрацію даних, так і певні операції керування, а використання інструменту «Excel Data Streamer» забезпечує високі обчислювальні можливості. Загалом запропонований підхід є цілком працездатним і достатньо гнучким для оперативного створення ЦВК під ті чи інші задачі.

#### Список використаних джерел

1. STEM Education in Ukraine in the Context of Sustainable Development / O. Buturlina et al. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10. № 1. Pp. 323–338. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p323>.
2. Інститут модернізації змісту освіти. STEM-освіта. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення: 09.11.2023).
3. Yang D., Baldwin S. J. Using Technology to Support Student Learning in an Integrated STEM Learning Environment. *International Journal of Technology in Education and Science*. 2020. Vol. 4. № 1. Pp. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i1.22>.
4. Kennedy T., Odell M. Engaging Students in STEM Education. *Science Education International*. 2014. Vol. 25. № 3. Pp. 246–258.
5. Boon Ng S. Exploring STEM competences for the 21st century. *In-Progress Reflection*. 2019. № 30. 53 p.
6. Patero J. L. Electrifying Discoveries: Mastering Basic Electronics and Unveiling the Power of Electricity with ChatGPT. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*. 2023. Vol. 3, Issue 1. Pp. 791–795. DOI: <https://doi.org/10.48175/IJARST-12372>.
7. Hrynevych L., Morze N., Vember V., Boiko M. Use of digital tools as a component of STEM education ecosystem. *Educational Technology Quarterly*. 2021. Vol. 2021. № 1. Pp. 118–139. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.24>.
8. Chen S., Chang W.-H., Lai Ch.-H., Tsai Ch.-Y. A Comparison of Students' Approaches to Inquiry, Conceptual Learning, and Attitudes in Simulation-Based and Microcomputer-Based Laboratories. *Science Education*. 2014. Vol. 98. № 5. Pp. 905–935. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21126>.
9. Arduino Hardware. URL: <https://www.arduino.cc/en/hardware> (дата звернення: 09.11.2023).
10. Saribulut L., Ameen A. Student Project-Based Space Vector Modulation Technique for Power Electronics Laboratory. *Electronics*. 2023. Vol. 12. № 12. P. 2714. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics12122714>.
11. Віртуальний STEM-центр Малої академії наук України. URL: <https://stemua.science/> (дата звернення: 09.11.2022).
12. Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом В. М. Локтева) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти / за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Харків : Ранок, 2019. 272 с.
13. Сиротюк В. Д., Мирошніченко Ю. Б. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною

програмою авторського колективу під керівництвом О. І. Ляшенка) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : Генеза, 2019. 368 с.

14. What is Data Streamer? URL: <https://support.microsoft.com/en-us/office/what-is-data-streamer-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f> (дата звернення: 09.11.2022).
15. Data Streamer Developer Portal. URL: <https://microsoft.github.io/DataStreamerDevPortal/> (дата звернення: 09.11.2022).

## References

1. Buturlina, O., Dovhal, S., Hryhorov, H., Lysokolenko, T., & Palahuta, V. (2021). STEM Education in Ukraine in the Context of Sustainable Development. *European Journal of Sustainable Development*, 10 (1), 323–338. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p323>.
2. Instytut modernizatsii zmistu osvity. STEM-osvita [Institute of Education Content Modernization. STEM education]. Retrieved from <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> [in Ukrainian].
3. Yang, D., & Baldwin, S. J. (2020). Using Technology to Support Student Learning in an Integrated STEM Learning Environment. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4 (1), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i1.22>.
4. Kennedy, T., & Odell, M. (2014). Engaging Students in STEM Education. *Science Education International*, 25 (3), 246–258.
5. Boon Ng, S. (2019). Exploring STEM competences for the 21st century. *In-Progress Reflection*, 30.
6. Patero, J. L. (2023). Electrifying Discoveries: Mastering Basic Electronics and Unveiling the Power of Electricity with ChatGPT. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 3 (1), 791–795. DOI: <https://doi.org/10.48175/IJARST-12372>.
7. Hrynevych, L., Morze, N., Vember, V., & Boiko, M. (2021). Use of digital tools as a component of STEM education ecosystem. *Educational Technology Quarterly*, 2021 (1), 118–139. DOI: <https://doi.org/10.55056/etq.24>.
8. Chen, S., Chang, W.-H., Lai, Ch.-H., & Tsai, Ch.-Y. (2014). A Comparison of Students' Approaches to Inquiry, Conceptual Learning, and Attitudes in Simulation-Based and Microcomputer-Based Laboratories. *Science Education*, 98 (5), 905–935. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21126>.
9. Arduino Hardware. Retrieved from <https://www.arduino.cc/en/hardware>.
10. Saribulut, L., & Ameen, A. (2023). Student Project-Based Space Vector Modulation Technique for Power Electronics Laboratory. *Electronics*, 12 (12), 2714. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics12122714>.
11. Virtualnyi STEM-tsentr Maloi akademii nauk Ukrainy [Virtual STEM-center of the Junior Academy of Sciences of Ukraine]. Retrieved from <https://stemua.science/> [in Ukrainian].
12. Bariakhtar, V. H., Dovhyi, S. O., Bozhynova, F. Ya., & Kiriukhina, O. O. (2019). *Fizyka (riven standartu, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom V. M. Loktieva) [Physics (level of standard, according to the curriculum of the author's team under the leadership of V. M. Loktev)]*. V. H. Bariakhtar, S. O. Dovhyi (Eds.). Kharkiv : Ranok [in Ukrainian].
13. Syrotiuk, V. D. & Myroshnichenko, Yu. B. (2019). *Fizyka i astronomiia (riven standartu, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom O. I. Liashenka) [Physics and astronomy (level of standard, according to the curriculum authored under the direction of O. I. Lyashenko)]*. Kyiv : Heneza [in Ukrainian].
14. What is Data Streamer? Retrieved from <https://support.microsoft.com/en-us/office/what-is-data-streamer-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f>.
15. Data Streamer Developer Portal. Retrieved from <https://microsoft.github.io/DataStreamerDevPortal/>.

A. I. Atamas

## USE OF CHATGPT DURING THE CREATION OF DIGITAL MEASUREMENT COMPLEXES FOR PERFORMING EDUCATIONAL RESEARCH OF THE STEM CENTER OF THE JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

**Abstract.** One of the key tasks for the effective development of STEM education is the introduction of modern teaching aids, which include digital measuring complexes, which are an integral part of a modern STEM center or STEM laboratory. The widespread use of digital measuring complexes is restrained by their high cost. A possible solution to the problem of wide availability of digital measuring complexes is their creation on the basis of Arduino platforms and sensors compatible with them. Arduino platforms require programming, the language of which can take quite a long time to learn. In this paper, an approach to the creation of digital measuring complexes on the Arduino platform, which involves the use of ChatGPT to create software code, is proposed and investigated. The proposed

*approach is studied on two examples. The study showed that the use of Arduino platforms in combination with the Excel Data Streamer data streaming tool makes it possible to create measuring complexes accessible to a wide range of teachers and students for performing laboratory work and educational research. Using ChatGPT to create program code greatly simplifies the task, eliminating the need for deep learning of a programming language at the initial stage. Along with this, ChatGPT-generated program codes contain comments to the commands, which facilitates a gradual and unobtrusive learning of the programming language, which in turn contributes to the development of such important competencies for STEM education as algorithmic thinking and digital literacy. Arduino platforms allow you not only to register data, but also to perform certain control operations. Using the Excel Data Streamer tool provides high computational capabilities. In general, the proposed approach is workable, quite flexible and allows to quickly create digital measuring complexes for various tasks.*

**Keywords:** *STEM education, digital measurement complex, Arduino, ChatGPT, Excel Data Streamer.*

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

**Атамась Артем Іванович** — канд. техн. наук, старший науковий співробітник відділу створення навчально-тематичних систем знань, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, art.atamas@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8709-3208>

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Atamas A. I.** — PhD in Engineering, Senior Researcher of Department of education and thematic knowledge system creation, NC “Junior Academy of Sciences of Ukraine”, Kyiv, Ukraine, art.atamas@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8709-3208>

Стаття надійшла до редакції / Received 10.11.2023