

**ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В STEM ОРІЄНТОВАНОМУ ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ***Сліпухіна І.А.**Національний авіаційний університет, м. Київ,**e-mail: slipukhina@i.ua**Чернецький І.С.**Національний центр «Мала академія наук України», м. Київ,**e-mail: manlabkiev@gmail.com*

**Постановка проблеми.** Формування адаптованої до сучасного життя особистості учня вимагає нових пріоритетів у навчанні та забезпечення оновлення просторово-матеріальної та інформаційно-технологічної складової освітнього середовища. Проблема зниження привабливості процесу навчання для більшості школярів, зумовлена дією ряду зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих чинників, найвпливовішим з яких є «інформаційний смог». Виникнення цього терміну пов'язане із зростаючим потоком інформації, яка надходить у концентрованому вигляді до суб'єкта пізнавальної діяльності з усіх можливих ЗМІ, рекламних джерел, соціальних мереж тощо. Перебування в стані неперервного опрацювання усе більших обсягів інформації потребує формування критичного мислення у сучасної учнівської молоді, що включає компетенції, пов'язані з виокремленням значущих даних, їх аналізом і здійсненням відповідних висновків.

Однією з основних задач, яку доводиться вирішувати сучасній освіті, є формування в учнів *уміння мислити креативно*. Світові зразки освітніх середовищ, які націлені на подолання вище згаданих проблем та на вирішення поставлених завдань, отримали назву STEM<sup>1</sup>орієнтованих освітніх середовищ. Концептуальною ідеєю й основою відповідної технології є створення і впровадження цілісного міждисциплінарного курсу, орієнтованого на комплексне формування в учнівської молоді практичних компетенцій в техніко-технологічній сфері виробництва. Вважається, що STEM освіта як окрема галузь дидактики виокремилася в США у 2009 р. з програми «Educate to Innovate», а вже у 2014 р. на фінансування її розвитку урядом цієї держави було виділено 3,1 млрд. доларів, що на 6,7 % більше, ніж у 2012 р. [9]. Визначальним чинником такої суттєвої підтримки є статистично доведене падіння цікавості учнів шкіл до предметів природничо-математичного циклу, які є фундаментальною базою сучасних технологій різного рівня. Значущим наслідком такої ситуації стало значне зниження компетентності молоді в актуальних галузях виробництва<sup>2</sup>, що визначають конкурентну спроможність будь-якої країни на світовому ринку у сфері економіки та технологій [11]. Очевидним є те, що впровадження і розвиток STEM освіти потребує підготовки відповідних педагогічних кадрів, правової

<sup>1</sup> STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics

<sup>2</sup> За результатами досліджень, проведених у США, тільки 16 % учнів старшої школи цікавляться STEM на початку навчання, а на момент складання ними випускних іспитів ця кількість зменшується ще на 57 % [9].

та інформаційної підтримки на різних рівнях [14], створення спільнот, які об'єднують не тільки фахівців, а й усіх зацікавлених представників різних прошарків населення і професій [11]. Слід зауважити, що в США зазначена освітня система розвивається спільно з програмою екологічної освіти K-12, а це означає, що реалізація STEM проектів відбувається поступово як в аудиторний, так і у позашкільний час, починаючи з молодшої школи: у літніх таборах, гуртках, спільнотах тощо [10].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій* доводить, що нині найістотніші зміни і трансформації традиційного освітнього середовища реалізуються, з однієї сторони, через упровадження в дидактику окремих предметів шкільного навчального плану нових методичних підходів і засобів навчання<sup>3</sup>, а з іншої – інтеграцією STEM дисциплін через навчально-дослідницьку міждисциплінарну діяльність [7, с. 4].

Методологічна єдність природничих, технічних і соціально-гуманітарних наук виявляється у застосуванні спільного математичного апарату, ІКТ, моделювання тощо, а їх взаємодія відбувається через міждисциплінарні зв'язки [7, с. 7]. З огляду на зазначене, фізичний експеримент виступає в ролі універсального засобу, здатного формувати критичне, а на його підставі – інженерне мислення. Тому нині значного розвитку набули інформаційні електронні ресурси, що містять ідеї, результати і різноманітні технології проведення навчального фізичного експерименту з використанням як натурального так і віртуального дослідження [12, 13].

На необхідності підготовки педагогічних кадрів, здатних до керування науково-дослідною роботою учнівської молоді з використанням STEM центрів, наголошено у праці [4, с. 2]. Там же автори пропонують якнайширше залучати до сучасного освітнього процесу інтерактивні лабораторії, музеї, методичні підходи на основі ігрових віртуальних середовищ, використання з навчальною метою соціальних мереж і педагогічних форумів [4, с. 4–6].

Перспективним, ефективним і високотехнологічним підходом для практичної міждисциплінарної підготовки школярів В. Є. Седов вважає використання у навчальному процесі робототехніки [5, с. 5], що сприяє на думку автора «підвищенню цікавості до точних наук..., популяризації інженерної професії» [5, с. 6].

Досліджуючи особливості системи GeoGebra, що є віртуальним середовищем для моделювання та емпіричного дослідження математичних об'єктів, автори [2] доходять висновку про те, що його використання у навчальному процесі комплексно формує програмувальну, інформаційну, аналітичну і практичну компетенції учнів [2, с. 3]. Автори доводять, що саме творча, дослідницька діяльність, пов'язана з використанням сучасних програмних продуктів, є одним із підходів, що мають активно долучатися до реалізації STEM освіти [2, с. 4].

---

<sup>3</sup> Такі нововведення реалізуються переважно з використанням ІКТ.

Як відомо, науковий та інженерний методи є основою будь-якого процесу дослідження не залежно від галузі пізнання. Обидва методи відпрацьовувалися протягом значного часу і на сьогодні визнані міжнародною науковою спільнотою основними засобами для здійснення наукової та навчально-дослідницької діяльності. Їх контекстний зміст й етапи, міждисциплінарний характер і приклади застосування у навчальному процесі старшої і вищої школи висвітлено у праці [6, с. 3].

Досліджуючи методичну систему формування технологічної компетентності з використанням комп'ютерно орієнтованої системи фізичного експерименту, автори [7, с. 86] доводять, що міждисциплінарний підхід до навчання природничих дисциплін, який ґрунтується на натурному експерименті з використанням сучасних засобів отримання, опрацювання і візуалізації даних, якими є, зокрема, цифрові лабораторії Phywe і Fourier [7, с. 89], комплексно формує когнітивну, рефлексивно-аналітичну, операційно-діяльнісну та ціннісно-мотиваційну компоненти компетентності суб'єкта освітньої діяльності.

На проблемі формування нового типу мислення суб'єктів пізнавальної діяльності у ході планування, проведення й аналізу отриманих результатів експерименту в умовах динамічного цифрового освітнього середовища сфокусовано увагу у праці [8, с. 5]. Автори звертають увагу на важливість забезпечення зворотного зв'язку між учасниками такого типу навчального процесу, який може здійснюватися без паперової звітності з використанням електронних документів лабораторної звітності – «флеш-зошитів» [8, с. 6].

Зазначене дає підстави для висновку про те, що визначальною рисою STEM середовищ є формування в учнівської молоді ряду важливих практичних компетенцій різного рівня засобами міждисциплінарних досліджень, які ґрунтуються на оптимальному поєднанні натурального експерименту і сучасного програмно-апаратного його забезпечення. Важливою особливістю проектування відповідного освітнього та навчальних середовищ є ретельний добір інформаційно-технологічних компонент, орієнтованих на використання наукового та інженерного методів дослідження.

Проведений аналіз літературних джерел з проблем розвитку сучасної дидактики середньої і вищої школи довів актуальність, своєчасність важливість проведення дослідження, *метою* якого є виявлення особливостей методики використання цифрового вимірювального комплексу як ключового формувального чинника STEM орієнтованого освітнього середовища,

#### **Виклад основного матеріалу.**

Революція в засобах пізнання відбулася тоді, коли обчислювальна техніка, доступна для більшості суб'єктів пізнавальної діяльності, стала новим приладом – комп'ютерним цифровим вимірювальним комплексом.

Цифрові вимірювальні комплекси пройшли тривалий період концептуального становлення. У будь-якому з них наявні технічні сегменти, які потребували реалізації певних технологічних рішень і вдосконалення.

Інформація від зовнішнього об'єкта пізнання мала бути сприйнята первинним обробником даних – сенсором. Далі вона повинна трансформуватися в аналоговий, надалі – у цифровий електричний сигнал. Останній мав бути опрацьований інформаційно-технологічним засобом і поданий у зручній для суб'єкта пізнавальної діяльності візуальній формі, адаптованій до попереднього досвіду цього суб'єкта – табличній або графічній.

Таким чином, обсяг даних, отриманих суб'єктом пізнавальної діяльності не просто збільшується, але й проходить багаторазову перевірку на достовірність. Цей процес абсолютно не виключає і не ідеалізує якісні умови отримання інформації, тобто процесуальність постановки експериментальної перевірки досліджуваного об'єкта пізнання. Це означає, що поява нових цифрових вимірювальних комплексів не зменшує вимог до попередньо напрацьованого досвіду з іншими засобами пізнання для створення оптимальних умов дослідження (експерименту). Цифрові вимірювальні комплекси є лише якісно новим проміжним засобом пізнання об'єктивної реальності, насиченої значною кількістю об'єктів пізнавальної діяльності.

Як і будь-який матеріальний засіб пізнавальної діяльності, цифрові вимірювальні комплекси мають характеристики, які стосуються кожного із сегментів цього засобу. Рішення сегмента сенсорного сприйняття базується на принципових відкриттях, здійснених у попередній пізнавальній діяльності. Прикладами сенсорного сегмента є тензосенсори, напівпровідникові пристрої, нанотехнологічні мембрани тощо. Якість сенсорної групи є визначальною для первинного сприйняття інформаційних квантів. Саме сучасні високі технології дозволили матеріалізувати сенсорний сегмент з високою якістю сприйняття. Перетворення електричного сигналу в аналогову, а потім і в цифрову форму стало можливим завдяки застосуванню принципу цифрового опрацювання даних та збільшенню швидкості обробки інформаційних одиниць напівпровідниковими елементами обчислювальної техніки. Перетворення інформації в прийнятну для суб'єкта пізнавальної діяльності форму здійснено новими інформаційно - технологічними засобами у вигляді програмного коду, заснованого на досконалих алгоритмах та методиках подання і візуалізації інформації.

Як і будь-який новий засіб пізнавальної діяльності, цифрові вимірювальні лабораторії вимагають і нових підходів до формування процесуальних засобів, націлених на їх використання суб'єктами пізнавальної діяльності в освітніх середовищах. Тобто виникає потреба у використанні комплексів як суб'єктами навчання, так і суб'єктами, які здійснюють навчальну діяльність, а, отже, необхідною є наявність таких процесуальних засобів, які виконуватимуть функцію супроводу процесу модернізації цифрових лабораторій для обох типів суб'єктів пізнавальної діяльності. Саме відсутність останніх найчастіше призводила до зниження

якості функціонування освітніх середовищ, забезпечених сучасними на момент формування матеріальними засобами пізнання.

Процесуальні засоби, створені для розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності з використанням цифрових вимірювальних комплексів, містять інтерактивні фрагменти, гіперпосилання на мережні ресурси та імплантовані зразки операцій вимірювання. При їх формуванні увага концентрується на раціональному доборі сенсорів, дискретизації вимірювального процесу та умінні опрацювати отриманий обсяг інформації за допомогою програмного засобу. Зазначене формує нове (цифрове) мислення суб'єкта пізнавальної діяльності в ході виконання навчально-дослідницького завдання. Процесуальні засоби, спрямовані на суб'єктів, що здійснюють навчальну діяльність, доповнюються візуалізацією процесу використання цифрових лабораторій для демонстрації досліджуваних явищ, процесів та детальним описом можливостей усіх сегментів комплексу (опис сенсорної групи, опис технології постановки дослідження, опис роботи з програмним продуктом, опис інтерпретації отриманої інформації). Модернізація цифрових засобів пізнавальної діяльності реалізується через динамічний взаємозв'язок з ресурсами виробників (сайтами, базами даних, поновленнями програмних засобів опрацювання інформації тощо).

Навчальний центр Малої академії наук України спроектований у відповідності до зазначених вище критеріїв. Його освітнє середовище має особливий STEM орієнтований сегмент – Лабораторію МАНЛаб [3], в якому реалізовано декілька навчальних середовищ. Одне з них – «Еспериментарій» – сфокусоване на розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності з використанням цифрових лабораторій. Його просторово-матеріальною складовою є лабораторний комплекс з сучасним обладнанням та цифровими вимірювальними комплексами від компаній PHUWE та Fouquier. Соціально-особистісна складова представлена учнями Малої академії наук України, які навчаються в очному та дистанційному режимі. Технологічно-процесуальну складову утворюють інтерактивні ресурси, розроблені у Лабораторії МАНЛаб [3], зокрема електронні документи лабораторної звітності – «флеш-зошити», кожен з яких може завантажуватися на термінал користувача та має інтерактивні елементи, гіперпосилання, імплантовані приклади отриманих результатів та технологічні карти виконання навчально-дослідницької роботи. Особливістю технології навчання є відсутність паперової звітності, оскільки передбачено функціонування такого засобу як інтерактивний кабінет, через який здійснюється контакт з експертом предметної галузі навчання. Напрацьована база завдань на даний період стосується застосування цифрових лабораторій при виконанні навчально-дослідницьких робіт у галузі фізики, аналітичної хімії, енергетики, астрономії.

Наведемо приклад роботи навчально-дослідницького практикуму з енергетики, у якому використовуються можливості цифрового вимірального комплексу «Einstein™».

**Тема роботи:** *Дослідження перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельт'є.*

**Завдання роботи:**

1. Ознайомитись з теоретичною частиною роботи.
2. Дослідити процес перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельт'є.
3. Визначити ККД перетворення.
4. Зробити висновки за результатами досліджень.

**Обладнання:** комплект РНУВЕ «Відновлювані джерела енергії»; елемент набірного вантажу; магнітний перемішувач; теплоізольована хімічна склянка; ПК з програмою «MiLab»; аналогово-цифровий перетворювач «Einstein™», датчики: напруги, струму, температури; з'єднувальні провідники (рис. 1).

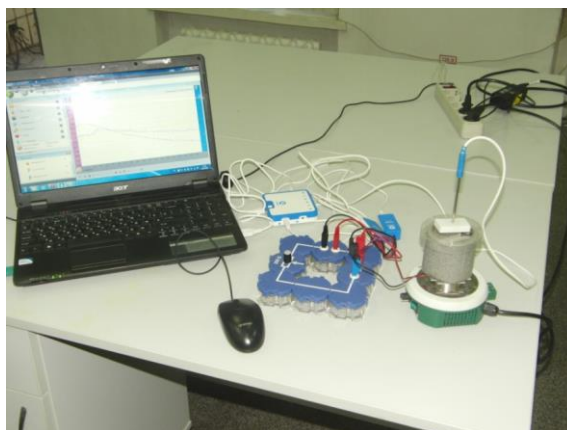


рис. 1. Обладнання для дослідження перетворення теплової енергії на електричну

### ***Теоретична частина***

Елемент Пельт'є – це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого базується на ефекті Пельт'є – виникненні різниці температур при протіканні електричного струму. В англomовній літературі елементи Пельт'є позначаються ТЕС (від англ. Thermoelectric Cooler – термоелектричний охолоджувач).

Зворотний процес називається ефектом Зеебека. У кожній речовині електрони мають властивий для неї розподіл за енергіями, який характеризується рівнем хімічного потенціалу. При контакті двох струмопровідних речовин їхні хімічні потенціали вирівнюються за рахунок перетікання частини електронів із однієї речовини в іншу.

При неоднаковій температурі контактів кількість електронів, які перетікають із одного провідника в інший і навпаки, різна, тож один із провідників стає зарядженим, що призводить до появи електричного струму. При контакті металів ефекти Зеебека та Пельт'є настільки малі, що ледь помітні на тлі омичного нагріву і явищ теплопровідності. Тому при

практичному застосуванні використовуються контакт двох напівпровідників. Елемент Пельтьє (рис. 4) складається з однієї або більше пар невеликих напівпровідникових паралелепіпедів –  $n$ - і  $p$ -типу (зазвичай телуриду вісмуту,  $Bi_2Te_3$  та германіду кремнію), що попарно з'єднані за допомогою металевих перемичок, які одночасно є термічними контактами та ізольовані непровідною плівкою або керамічною пластиною. Пари паралелепіпедів з'єднуються таким чином, що утворюється послідовне з'єднання багатьох пар напівпровідників з різним типом провідності, так щоб вгорі були одні послідовності з'єднань ( $n - p$ ), а знизу протилежні ( $p - n$ ). Електричний струм та тепло перетікають послідовно через всі паралелепіпеди. В залежності від напрямку теплового потоку верхні контакти набувають позитивного електричного потенціалу, а нижні – негативного, або навпаки. Таким чином, потік теплової енергії через елемент Пельтьє створює різницю потенціалів на його вихідних контактах.

В даній роботі пропонується дослідити ефект Зеебека за допомогою елемента Пельтьє, та визначити ККД процесу перетворення теплової енергії на електричну. Джерелом тепла є нагріте металеве циліндричне тіло (елемент набірного вантажу), а для охолодження пропонується використовувати теплоізольовану ємність з водою.

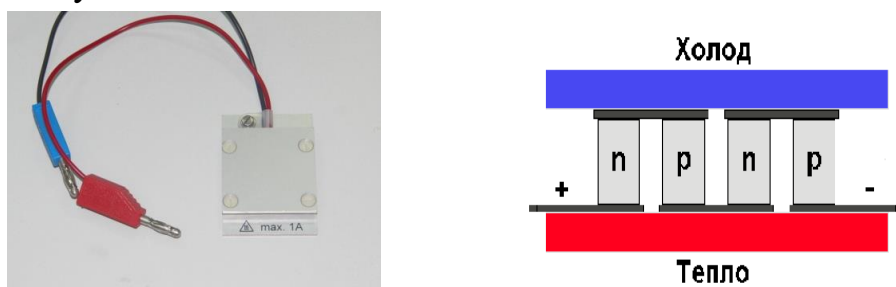


Рис. 2. Загальний вигляд та схема елемента Пельтьє

Тоді теплову енергію, яка проходить через елемент Пельтьє можна визначити за формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \quad (1)$$

де  $c$  – теплоємність води,  $c = 4200$  Дж/кг·К;  $m$  – маса води, кг;  $t_2$  та  $t_1$  – відповідно кінцева та початкова температури води.

Електричну енергію  $E_E$ , вироблену елементом Пельтьє пропонується визначити як інтеграл добутку напруги та сили електричного струму – електричної потужності за час досліді – за допомогою інструментів MiLab.

ККД процесу перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельтьє визначається за формулою:

$$\eta = \frac{E_E}{Q} \cdot 100 \% \quad (2)$$

#### *Хід роботи*

1. З комплекту РНУВЕ «Відновлювані джерела енергії» зберіть схему (рис. 3, а) та під'єднайте до неї елемент Пельтьє.

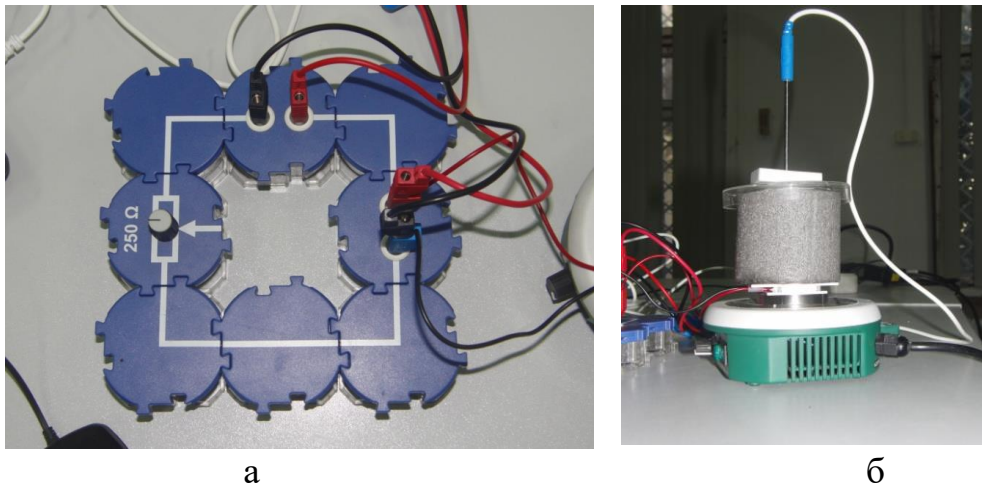


Рис. 3. а) Схема зовнішнього електричного кола навантаження елемента Пельт'є;

б) розміщення елемента Пельт'є і теплоізолюваної склянки з водою.

2. До зібраної схеми підключити датчики напруги – паралельно, та струму – послідовно.

3. Візьміть теплоізолювану склянку, налейте до неї 100 мл (0,1 кг) води, встановіть у її кришку датчик температури та закрийте.

4. Підключіть аналогово-цифровий перетворювач «Einstein™» до ПК.

5. З'єднайте датчики з аналогово-цифровим перетворювачем.

6. Запустіть програму MiLab та упевніться що датчики сили струму, напруги та температури автоматично розпізнані. Вимкніть решту датчиків, прибравши галочки з відповідних клітинок.

7. Здійсніть налаштування реєстратора:

- зайдіть у меню «Повні налаштування»;

- оберіть частоту замірів – «кожної секунди» та кількість замірів – 200.

8. Покладіть на магнітний перемішувач елемент набірною вантажу масою 100 г та увімкніть його на нагрівання.

9. Здійсніть нагрівання вантажу протягом 3–5 хв.

10. Вимкніть нагрівання перемішувача, покладіть елемент Пельт'є на вантаж надписом униз, а на елемент Пельт'є поставте теплоізолювану ємність з водою (рис. 3, б) та встановленим датчиком температури.

11. Натисніть у вікні програми кнопку «Старт», переконайтеся у початку запису даних та дочекайтеся закінчення.

12. Відкрийте нове вікно: зайдіть в меню «Робочий простір» та оберіть команду «Вікно графіка».

13. За допомогою курсору перенесіть графік зміни температури з часом (зі списку наборів даних у нижньому лівому куті) до нового вікна.

14. У новому вікні за допомогою курсору зчитайте початкову та кінцеву температури води у склянці; закрийте вікно.

15. У меню зайдіть у вкладинку «Аналіз» – «Математичні функції» та оберіть функцію добутку.

16. Встановіть перший множник – «Набір даних – напруга» та другий множник – «Набір даних – сила струму», натисніть Ок.



17. Відкрийте нове вікно: зайдіть в меню «Робочий простір» та оберіть команду «Вікно графіка».

18. За допомогою курсору перенесіть графік зміни добутку напруги та сили струму з часом (зі списку наборів даних у нижньому лівому куті) до нового вікна.

19. У новому вікні зайдіть у вкладинку «Аналіз» – «Математичні функції» та оберіть функцію інтегрування.

20. Встановіть підінтегральну функцію – «Набір даних – Добуток напруги і сили струму», натисніть Ок.

21. Ви маєте отримати другий графік у новому вікні.

22. Зчитайте з останнього графіку результат інтегрування, помістивши курсор до верхньої його частини. Результатом інтегрування буде енергія електричного струму у мДж, вироблена елементом Пельт'є упродовж проведення досліду.

### *Аналіз даних*

1. Розрахуйте за формулою (1) теплову енергію, яку отримала вода у склянці через елемент Пельт'є.

2. Виразіть енергію, вироблену елементом Пельт'є у Дж та за формулою (2) обчисліть ККД перетворення.

3. Зробіть висновок щодо ефективності процесу перетворення теплової енергії у електричну за допомогою елементів Пельт'є.

### *Таблиця результатів*

$m = 0,1$  кг

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{Дж}$	$E_E, \text{Дж}$	$\eta, \%$

**Висновки дослідження і перспективи подальшої роботи в цьому напрямі.** Використання сучасних засобів навчання є ключовим формуючим фактором освітніх середовищ, зорієнтованих на вирішення навчальних задач, пов'язаних з самостійними дослідженнями учнів, що є фундаментом світової педагогічної практики. З огляду на проведений теоретичний аналіз та спираючись на практичне провадження технології STEM орієнтованого навчання в освітньому середовищі НЦ МАНУ, з використанням цифрових вимірювальних комплексів, можна зробити висновок про доцільність поширення згаданої практики на систему загальної середньої та спеціальної освіти, що має знайти відповідне відображення в освітній доктрині України.

### *Література*

1. Баксічева І. С. Взаємодія людини-природи-суспільства у шкільному курсі фізики / І. С. Баксічева, В. А. Ігнатенко, Л. М. Кнорозок // Вісн. Чернігівського нац. пед. ун-ту. Пед.науки. – 2013. – Вип. 109. – С. 18–21. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP\\_2013\\_109\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_109_6)
2. Гриб'юк О. О. Дослідницька діяльність на уроках математики з використанням системи GeoGebra / О. О. Гриб'юк, В. Л. Юнчик // Електронна бібліотека НАПН України – електронне наукове фахове

- видання. – Режим доступу : [http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchyk\\_naukovamolod-2015.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchyk_naukovamolod-2015.pdf).
3. Лабораторія МАНЛаб. – [Електронний ресурс] .– Режим доступу : <http://manlab.inhost.com.ua>.
  4. Прокопенко А. Актуальні питання інтеграції інформаційних та комунікаційних технологій у навчання / А. Прокопенко, Т. Олійник, Я. Чеботова // Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем [сайт] – Режим доступу до стат. :<http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-13/ITEA-13.doc>.
  5. Седов В. С. Інформаційно-комунікаційні технології як каталізатор змін компетентності викладача / В. С. Седов // Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету : матер. міжнар. наук.-практ. конф., 20 серпня 2015 р. – Режим доступу до стат. : <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/8/8#.VvL-xxMvnoJ>
  6. Сліпухіна І. А. Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Вища освіта України: Теоретичний та науково-методичний часопис. – №3. – Додаток 1: Інтеграція вищої освіти і науки. – Київ, 2015. – С.216-225.
  7. Чернецький І. С. Технологічна компетентність майбутнього інженера: формування і розвиток у комп'ютерно інтегрованому лабораторному практикумі з фізики / І. С. Чернецький, І. А. Сліпухіна // Information Technologies and Learning Tools – електронне наукове фахове видання. – К. : ПТЗН НАПН України. – 2013. – Т. 38. – № 6. – Режим доступу : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt>.
  8. Чернецький І. С. Цифрові вимірювальні комплекси – засіб розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності / І. С. Чернецький, І. А. Сліпухіна, С. М. Меньяйлов // Наук. часоп. Нац. пед. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. — Сер. № 5. Педагогічні науки : реалії та перспективи : зб. наук. пр. ; [за ред. В. Д. Сиротюка]. — К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. – Вип. 40. – С. 259–269.
  9. Elaine J. *Hom What is STEM Education?*/ LiveScience Contributor // February 11, 2014 [Electronic Resource] . – Mode of access : <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>
  10. Resources for STEM Education [Electronic Resource] – Mode of access : <http://www.nsfresources.org/home.cfm>
  11. STEM Education Coalition [Electronic Resource] – Mode of access : <http://www.stemedcoalition.org/>
  12. Teaching Advanced Physics [Electronic Resource] – Mode of access : <http://tap.iop.org/>
  13. The Physics Front : Physics and Physical Science Teaching Resources [Electronic Resource] – Mode of access : <http://www.thephysicsfront.org/search/browse.cfm?browse=GSSS>

14. Willona M. Sloan Teaching and Learning Resources for STEM Education / EducationUpdate February, 2012.— Vol. 54.— Number 2 .— Mode of access : <http://www.ascd.org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx>

**Анотація.** У статті розглянуто педагогічні передумови використання цифрових вимірювальних комплексів як формувального чинника STEM орієнтованого освітнього середовища, продемонстровано методику їх використання при проведенні навчально-дослідницьких лабораторних робіт.

**Ключові слова:** цифровий вимірювальний комплекс, STEM, освітнє середовище, навчально-дослідницька робота, інформаційні технології, лабораторія МАНЛаб.

**Аннотация.** В статье рассмотрены педагогические предпосылки использования цифровых измерительных комплексов как формирующего фактора STEM ориентированной образовательной среды, продемонстрировано его использование при проведении учебно-исследовательских лабораторных работ.

**Ключевые слова:** цифровой измерительный комплекс, STEM, образовательная среда, учебно-исследовательская работа, информационные технологии, лаборатория МАНЛаб.

**Summary.** The article examines the pedagogical preconditions use of digital measurement systems as a formative factor STEM oriented educational environment, an example of its use in the course of educational research labs..

**Keywords:** digital measuring system, STEM, learning environment, teaching and research, information technology, laboratory MANLab.