

УДК 378.091.313-044.247:[004:5:62]

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2021-2-6>

Олександр МАРТИНЮК

доктор педагогічних наук, доцент, професор кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-4473-7883

Scopus Author ID: 57224619200

Бібліографічний опис статті: Мартинюк, О. (2021) Інноваційні технології навчання в системі формування науково орієнтованої освіти. *Фізика та освітні технології*, 2, 36–42, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2021-2-6>

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ В СИСТЕМІ ФОРМУВАННЯ НАУКОВО ОРІЄНТОВАНОЇ ОСВІТИ

Проаналізовано значимість інноваційних технологій як засобів формування науково орієнтованої освіти. Завдання науково орієнтованої освіти – формування системи навчання на основі компетентнісного підходу. Обґрунтовано концепцію освітньої моделі на основі педагогічних технологій, які ґрунтуються на самостійному здобутті знань з результатом, що відображається у практичній, науково-дослідницькій, проектній чи конструктивно-технічній діяльності. Значущість цих аспектів для навчання студентів на основі технологій STEM зростає, тому актуальною є проблема формування наукового складника освіти на основі новітніх освітніх технологій та сучасних технічних засобів. Метою статті є аналіз можливостей інноваційних технологій (зокрема напряму STEM) у процесі навчання майбутніх учителів фізики, інформатики та технологій в умовах формування науково орієнтованого освітнього середовища. Виокремлено один із напрямків впровадження STEM – освітню робототехніку – нову технологію навчання, що дозволяє зацікавити інженерною творчістю дітей з молодшого шкільного віку. Аргументовано, що вивчення студентами (майбутніми учителями) основ робототехніки та технічного конструювання сприяють формуванню знань із графічного програмування, умінь проектування моделей робіт та їх використання в навчальному фізичному експерименті, побудови та програмної реалізації алгоритмів. Передбачено, що результати такої роботи підвищать інтерес до вивчення природничих наук, удосконалять розвиток освітньої та наукової галузей.

Ключові слова: компетентнісний підхід, технології STEM, освітня робототехніка, технічні засоби навчання.

Oleksandr MARTYNIUK

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya Ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-4473-7883

Scopus Author ID: 57224619200

To cite this article: Martyniuk, O. (2021) Innovatsiini tekhnolohii navchannia v systemi formuvannia naukovo oriientovanoi osvity [Innovative learning technologies in the system of formation of scientific-oriented education]. *Physics and educational technology*, 2, 36–42, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2021-2-6>

INNOVATIVE LEARNING TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM OF FORMATION OF SCIENTIFIC-ORIENTED EDUCATION

The significance of innovative technologies as a means of forming scientifically oriented education is analyzed. The task of science-oriented education is to form a system of education based on the competence approach. The concept of educational model based on pedagogical technologies, which are based on independent acquisition of knowledge with the result reflected in practical, research, design or design and technical activities, is substantiated. The importance of these aspects for students' education on the basis of STEM technologies is growing, so the problem of forming the scientific component of education on the basis of the latest educational technologies and modern technical means is relevant. The aim of the article is to analyze the possibilities of innovative technologies (including STEM) in the process of training

future teachers of physics, computer science and technology in the formation of a scientifically oriented educational environment. One of the directions of STEM implementation is singled out – educational robotics – a new learning technology that allows to interest the engineering creativity of children from primary school age. It is argued that the study of students (future teachers) of the basics of robotics and technical design contribute to the formation of knowledge of graphic programming, skills of designing robot models and their use in educational physical experiment, construction and software implementation of algorithms. It is envisaged that the results of such work will increase interest in the study of natural sciences, improve the development of educational and scientific fields.

Key words: *competence approach, STEM technologies, educational robotics, technical means of training.*

Вступ. Пріоритетним напрямом політики України в галузі освіти є підвищення її якості та конкурентоспроможності, що сприяють інтеграції до європейського освітнього простору. Високі вимоги до висококваліфікованих фахівців, здатних до інноваційної діяльності вимагає підвищення якості їхньої фахової підготовки. Тому якісне вивчення природничих дисциплін мотивує майбутніх студентів до вибору спеціальності, пов'язаної з ІТ-технологіями, робототехнікою, приладобудуванням, нанотехнологіями та іншими сучасними галузями. Завдання науково орієнтованої освіти – організація пізнавальної діяльності щодо формування умінь та навичок виконувати наукові дослідження (система навчання на основі компетентнісного підходу), орієнтованого на автономність, самостійність та принципах партнерських стосунків із учителем чи викладачем. Така освітня модель має містити педагогічні технології, які ґрунтуються на самостійному здобутті знань з результатом, що відображається у практичній, науково-дослідницькій, проектній чи конструктивно-технічній діяльності [4]. Значущість цих аспектів для навчання студентів на основі технологій STEM зростає, тому **актуальною** є проблема формування наукового складника освіти на основі новітніх освітніх технологій та сучасних технічних засобів. **Метою статті** є аналіз можливостей інноваційних технологій (зокрема напряму STEM) у процесі навчання майбутніх учителів фізики, інформатики та технологій в умовах формування науково орієнтованого освітнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Реалії сьогодення спонукають до актуалізації інноваційної функції в освіті, де процеси є універсальними й функціонують згідно з:

- узагальненими законами (закон періодичного інноваційного оновлення (закон діалектики), закон циклічності, закон динамічних змін);
- принципами глобалізації, прискорення темпів змін та ролі інтелектуальних ресурсів,

зникнення й перебудови, випереджального впровадження послуг, життєвого циклу системи;

- комплексом умов, що визначають спрямованість та зміст нововведень і забезпечують системний рівень їх реалізації.

Інноваційність обумовлює поняття розвиток, зростання, інноваційний розвиток. Закономірність мінливості в циклічній динаміці інноваційного розвитку основний зміст і призначення оновлення – основна функція інновацій.

Американський дослідник Р. Фостер розглянув технологічний розрив нової та старої технологій й обсяг витрат, потрібних для інвестування в сучасну технологію для досягнення нею високої ефективності порівняно зі старою. Він пропонував спрямовувати зусилля на розроблення та впровадження сучасних ідей, оскільки потрібно вкладати ресурси в новітні технології для подолання технологічного розриву та розвитку інноваційної сфери. Відтак, процес заміни старої технології сучасною є незворотним.

Українські вчені В. Заболотний, Н. Мислицька [6], Б. Сусь, М. Шут [8] та ін. розмежовують загальні закономірності та локальні, що віддзеркалюють інноваційний процес загалом або характеризують певний інноваційний процес чи його етапи. Дослідження В. Паламарчук [7] характеризують зміну теорії й практики інноваційної діяльності в освіті, зокрема STEM-освіті. Це зумовлює окремі трансформації цих закономірностей, а саме:

1. тенденція циклічного розвитку інновацій упроваджується в STEM-освіту, що поглинає інновації, а методика навчання фізики на основі STEM-технологій змінюється з урахуванням структурності, функціональності та змістовності розвитку системи освіти, тому не відбувається «незворотна стабілізація» педагогічного середовища.

2. Ефективність взаємозв'язку STEM-технологій та методики навчання фізики залежить від багатьох чинників (соціальних,

економічних, психологічно-педагогічних, особистісних, ергономічних тощо).

3. Створення інновацій на генетичному рівні та їхній розвиток пов'язані з трансформаціями в суспільстві, реформами, прогресивними рухами, сплесками сонячної активності, процесами в ноосфері [1].

Виклад основного матеріалу дослідження.

Одним із складників моделі науково орієнтованої освіти є система STEM-технологій навчання (Science-наука, Technology-технологія, Engineering-інженерія, Mathematics-математика). Впровадження STEM-технологій передбачає міждисциплінарний та проєктний підходи, поєднання різних природничо-наукових знань у єдине ціле.

Впровадження STEM-технологій сприяє:

- модернізації системи психолого-педагогічної, методичної, практичної підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних предметів та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів;

- налагодженню видавництва методичної, науково-популярної, довідкової літератури та створення інформаційно-методичних комплексів з природничо-математичних предметів (електронні посібники, віртуальні лабораторії, електронні бази даних, освітні портали тощо), а також забезпечення умов їх використання у школі;

- підготовці вчителів природничо-математичних предметів та впровадження в навчальний процес сучасних інформаційно-комунікативних технологій;

- налагодженню виробництва вітчизняного навчального обладнання і дидактичних засобів навчання;

- застосуванню підходу до навчально-виховного процесу, який передбачає розвиток особистості, спрямований на активне та конструктивне входження у сучасні суспільно-політичні процеси і досягнення високого рівня самореалізації [2].

У 2015 р. був підписаний Меморандум, який дозволив створити Коаліцію STEM-освіти в Україні, яка сформувала ключові завдання STEM-освіти, найважливішими з яких є: реалізація програм для впровадження інноваційних методів навчання в навчальних закладах; надання можливостей для учнів і студентів для проведення дослідницької та експериментальної роботи на сучасному обладнанні; проведення конкурсів, олімпіад; створення інформа-

ційних майданчиків; профорієнтація; розвиток міжнародного співробітництва.

Наукова робота повинна захоплювати, займатися наукою має бути цікаво та доступно. Залучення до наукових досліджень на основі STEM-технологій не лише забезпечує розвиток креативного мислення та формування компетентності дослідника, а й розвиває такі навички, як співробітництво, комунікативність та творчість.

Одним із напрямків впровадження STEM-освіти є робототехніка – прикладна наука, яка займається розробкою автоматизованих технічних систем (роботів). Навчальна (освітня) робототехніка – нова технологія навчання, що дозволяє зацікавити інженерною творчістю дітей з молодшого шкільного віку. Використання засобів освітньої робототехніки суттєво покращує успішність учнів з математики, фізики, інформатики, технологій, ознайомити з основами мехатроніки та кібернетики. В залежності від віку учнів, необхідно використовувати конструктори та сервоприводи різних типів. В історії розвитку робототехніки умовно виділяють чотири основні етапи.

Перший характеризується великою кількістю міфів і легенд про механічних істот, а також створенням перших людиноподібних автоматів – андроїдів, призначених переважно для культових і видовищних цілей. Другий етап розвитку робототехніки характеризується, з одного боку, розквітом технічного мистецтва створення складних автоматичних пристроїв, здатних відтворювати функції тварин і людини; з іншого – початком розробки та впровадження в промислове виробництво ефективних технологічних пристроїв і верстатів-автоматів. Одночасно в цей період починають формуватися відповідні наукові напрями, заявляє про себе обчислювальна техніка.

Третій етап характерний загальним означенням терміна „робот”, відзначається розробкою й використанням для потреб людини прямих попередників сучасних роботів – дистанційних маніпуляторів і програмованих автоматичних пристроїв маніпуляційного типу, а також стрімким розвитком наукових та прикладних основ обчислювальної техніки й кібернетики. Цей потужний науково-технічний потенціал вивів на старт сучасну робототехніку.

Четвертий історичний етап може бути в цілому названий етапом сучасної робототехніки. Він характеризується розробкою та ство-

ренням досконалих роботів, керованих ЕОМ, що мають прикладне призначення як у промисловому виробництві, так і в наукових дослідженнях, остаточним формуванням робототехніки в єдиний науково-технічний напрям.

Нині робототехніка – один із перспективних напрямів науково-технічного прогресу, у якому проблеми розвитку механіки й нових технологій поєднуються з проблемами штучного інтелекту. Розвиток цього напрямку в межах освітнього процесу відбувається в галузі інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій. Тому особливе значення має впровадження навчальних роботів в освітній процес середньої й вищої школи.

Згідно з даними Міжнародної федерації робототехніки, у 2008 р. світовий ринок промислової робототехніки нараховував еквівалент більше п'яти мільярдів доларів. За прогнозами спеціалістів на період до 2020 р. він оцінювався у п'ятсот мільярдів доларів. Ще на початку 2007 р. Білл Гейтс сказав, що нинішнє поширення робототехніки аналогічне до розвитку персональних комп'ютерів у 70-ті роки.

Прошло немало часу з тих пір, як людина задумала створити робота, і сьогодні, на початку XXI ст., вони вже нам активно допомагають. Виник окремий розділ науки – робототехніка, що займається вивченням перспектив та розробкою нових технологій для вдосконалення робототехніки.

У багатьох країнах світу спостерігається збільшення інтересу до науково-технічних складників в освіті. У таких країнах, як Данія, Ізраїль, Корея, Китай, США, Японія та багатьох інших, вищі навчальні заклади самостійно або спільно з промисловими компаніями розвивають програми освітнього напрямку для залучення учнівської молоді та студентів до технічної сфери [10]. У деяких азіатських державах, у країнах Європейського Союзу та в США робототехніка є загальноосвітнім предметом, що вивчається в старших класах. В Україні розвиток цього напрямку в рамках освітнього процесу відбувається на предметному рівні, під час викладання інформатики та інформаційно-комунікаційних технологій. Тому особливе значення зараз має впровадження робототехніки в освітній процес середньої й вищої школи.

Усі перші класи в Україні, що навчаються з 1 вересня 2018 р., безкоштовно отримали

набори LEGO, які допоможуть впроваджувати ігрові та діяльнісні методи навчання в освітній процес. Відповідний Меморандум про взаєморозуміння було підписано між Міністерством освіти і науки України та The LEGO Foundation. Документ передбачає, що The LEGO Foundation безкоштовно забезпечить наборами усі перші класи (близько 17 тисяч шкіл з усієї України протягом 2018–2019 рр.).

Наступний рівень – моделювання та програмування, що вимагає знання мов програмування. В старшій школі вивчення програмування поглиблюється, підвищується складність конструювання, учні знайомляться з основами кібернетики та штучного інтелекту. Підготовка та участь у Всеукраїнській олімпіаді з робототехніки за правилами WRO дає можливість продемонструвати навички конструювання та програмування роботів для виконання поставлених задач. Такою діяльністю успішно займаються учні – слухачі секції робототехніки Волинської Малої академії наук України, керівниками якої є випускники Волинського національного університету імені Лесі Українки, а підготовка фахівців у галузі освітньої робототехніки передбачена навчальними планами та здійснюється викладачами кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій Навчально-наукового фізико-технологічного інституту. Організовано навчальну лабораторію «Мікроелектроніки та робототехніки», сформовано творчу групу студентів, які у вільний від навчання час займаються питаннями самостійного проектування й виготовлення робототехнічних засобів та мікроелектронних систем.

У процесі формування алгоритму та програмування студенти детальніше знайомляться з теоретичними та практичними основами будови й принципу дії датчиків. Не менш важливим є те, що програмування здійснюється в середовищі графічного проектування LabVIEW, яке більш детально вивчається на старших курсах [3]. Набуті вміння програмувати мікроконтролери стають основою виконання практичної частини багатьох дипломних та магістерських робіт.

Проте через незначну кількість годин окремі питання виносяться на самостійне опрацювання, або розв'язуються на заняттях творчої (проблемної) групи. При оцінюванні знань і вмінь студентів використовуються такі форми

організації поточного та підсумкового контролю: виконання лабораторних робіт, самостійні роботи, виконання індивідуальних завдань.

Вивчення студентами (майбутніми учителями) основ робототехніки та технічного конструювання сприяють формуванню знань із графічного програмування, умінь проектування моделей роботів та їх використання в навчальному фізичному експерименті, побудови та програмної реалізації алгоритмів. Формують уміння використовувати інформаційно-комунікаційні технології з метою ефективного розв'язання нетипових завдань щодо отримання, подання та обробки інформації через фізичні пристрої.

Розглянемо основні аспекти вивчення основ робототехніки [5]. Нами застосовано розроблену методику навчання, побудовану на розв'язанні за допомогою засобів робототехніки окремих завдань стосовно програмування та вдосконалення фізичного експерименту, що передбачає:

- ознайомлення студентів-фізиків з основами сучасної робототехніки;
- забезпечення умов для формування теоретичних і практичних навичок проектування й конструювання вузлів простих робототехнічних систем;
- удосконалення навичок графічного програмування та програмування робототехнічних платформ;
- вивчення й розвиток методики впровадження елементів освітньої робототехніки під час вивчення інших предметів (міжпредметні зв'язки);
- вивчення методичних особливостей підготовки учнів до участі в різних робототехнічних заходах (олімпіадах, конкурсах, турнірах тощо);
- забезпечення можливості використання робототехнічних систем у науково-дослідницькій роботі, підготовці та захисті науково-дослідницьких робіт, участі в роботі Малої академії наук України.

Варто зазначити, що у Волинській Малій академії наук України багато років плідно функціонує секція «Приладобудування та робототехніка». З 2013 р. і донині на базі кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій Навчально-наукового фізико-технологічного інституту функціонує літня школа „Основи мікроелектроніки та робототехніки”. За час навчання діти мають можли-

вість ознайомитись із конструкторами LEGO®, програмним пакетом National Instruments, отримати практичні навички роботи з мікроконтролерами, зі складання роботів, спробувати свої сили в розв'язуванні олімпіадних задач тощо. Низку практичних занять проводили студенти. Тому значну частину із загальної кількості годин курсу „Освітня робототехніка” відведено питанням вивчення роботи з розширеним набором-конструктором LEGO® Mindstorms®.

Базовий блок комплекту передбачає можливість програмування функцій, які з успіхом використовуються в умовах навчального фізичного експерименту. За допомогою датчиків можна проводити прямі вимірювання значень неелектричних фізичних величин (температура, тиск, час, тощо). Базовий блок, через систему приводів, здатний виконувати дії, які можна використати для фізичних досліджень, або прискорити час отримання результатів.

Arduino – популярний серед користувачів електронного обладнання та радіоаматорів інструмент для проектування електронних пристроїв. На платформі Arduino можна зібрати низку приладів для автоматизації фізичних досліджень та експерименту [9].

Окрім робототехніки, на наше глибоке переконання, перспективним складником STEM можуть бути 3D-технології. 3D-друк – одна з форм адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється 3D-принтером шляхом послідовного програмованого накладання шарів матеріалу. 3D-технології – частина майбутнього, що стає важливою складовою нашого життя. Проблема вивчення технологій тривимірного моделювання, можливостей самостійного проектування та виготовлення 3D-принтерів та вміння їх обслуговувати нині є особливо актуальною. Упродовж декількох останніх років студентами-фізиками й слухачами секції „Електроніка та приладобудування” Волинської Малої академії наук України ведеться робота щодо впровадження та використання засобів тривимірного прототипування. Проведено глибокий аналіз можливостей технологій тривимірного моделювання, спроектовано, виготовлено та апробовано 3D-принтери різних типів: конструкцію Prusa Mendel i2, принтер з дельта-кінематикою механіки та широкоформатний мультиекструдерний принтер.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Нині спостерігається підвищена зацікавленість до навчання з використанням STEM-технологій в багатьох українських школах та позашкільних закладах. Проте потрібне удосконалення усього освітнього процесу,

запровадження системних змін, встановлення зв'язку між освітніми вимогами та потребами економіки. В результаті такої роботи вдасться підвищити інтерес до вивчення природничих наук, будуть сформовані можливості для розвитку наукового напрямку в освіті.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузьменко О.С. Теоретичні і методичні засади навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти в контексті розвитку STEM-освіти : монографія. Кропивницький : КОД, 2018. 624 с.
2. Мартинюк О.С. Вивчення основ мікроелектронної схемотехніки в системі фахової підготовки студентів-фізиків. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка*. 2013. Вип. 109. С. 201–204.
3. Мартинюк О.С. Засоби графічного програмування у формуванні інформаційної компетентності майбутніх учителів фізики. *Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету: Педагогічні науки*. 2009. № 3. С. 177–181.
4. Мартинюк О.С. Інноваційні напрямки STEM-технологій у системі формування науково орієнтованої освіти. *Неперервна освіта в модусах минулого, теперішнього, майбутнього* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф. з міжнарод. участю (м. Луцьк, 24–26 травня 2018 р.) / уклад. В. О. Савош. Луцьк : Вежа-Друк, 2018. С. 112–114.
5. Мартинюк О.С. Проблеми та перспективи підготовки фахівців у галузі освітньої робототехніки. *Збірник наукових праць Бердянського державного педагогічного університету: Педагогічні науки*. 2015. Вип. 2. С. 167–178.
6. Мисліцька Н.А., Заболотний В.Ф. Вивчення загальних питань методики навчання фізики в умовах сучасної парадигми освіти. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2017. Вип. 146. С. 66–69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2017_146_16 (дата звернення: 08.07.2021).
7. Паламарчук В.Ф. Першооснови педагогічної інноватики : у 2 т. Київ : Знання України, 2005. Т. 1. 420 с.
8. Сусь Б.А., Шут М.І. Проблеми дидактики фізики у вищій школі. Вид. 2-е. Київ : Просвіта, 2003. 155 с.
9. Getting Started with Arduino products. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide> (дата звернення: 08.07.2021).
10. Teaching robotics with an open curriculum based on the e-puck robot, simulations and competitions URL : www.innoc.at/fileadmin/user_upload/_temp/_RiE/Proceedings/21.pdf (дата звернення: 08.07.2021).

REFERENCES:

1. Kuzmenko, O.S. (2018) *Teoretychni i metodychni zasady navchannia fizyky studentiv tekhnichnykh zakladiv vyshchoi osvity v konteksti rozvytku STEM-osvity [Theoretical and methodological principles of teaching physics to students of technical institutions of higher education in the context of the development of STEM-education]*: monohrafiia. Kropyvnytskyi: KOD [in Ukrainian].
2. Martyniuk, O.S. (2013) *Vyvchennia osnov mikroelektronnoi skhemotekhniky v systemi fakhovoi pidhotovky studentiv-fizykyv [Study of the basics of microelectronic circuitry in the system of professional training of physics students]*. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni T.H. Shevchenka*. 109, 201–204 [in Ukrainian].
3. Martyniuk, O.S. (2009) *Zasoby hrafichnoho prohramuvannia u formuvanni informatsiinoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv fizyky [Means of graphic programming in the formation of information competence of future physics teachers]*. *Zbirnyk naukovykh prats Berdianskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu: Pedahohichni nauky*. 3, 177–181 [in Ukrainian].
4. Martyniuk, O.S. (2018) *Innovatsiini napriamky STEM-tekhnologii u systemi formuvannia naukovo orientovanoi osvity [Innovative directions of STEM-technologies in the system of formation of scientifically oriented education]*. *Neperervna osvita v modusakh mynuloho, teperishnoho, maibutnoho: materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnarod. uchastiu (Lutsk, 24–26 travnia 2018 r.) / uklad. V.O. Savosh. Lutsk : Vezha-Druk (pp. 112–114)* [in Ukrainian].
5. Martyniuk, O.S. (2015) *Problemy ta perspektyvy pidhotovky fakhivtsiv u haluzi osvitnoi robototekhniky [Problems and prospects of training specialists in the field of educational robotics.]*. *Zbirnyk naukovykh prats Berdianskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu: Pedahohichni nauky*. 2, 167–178 [in Ukrainian].
6. Myslitska, N.A., Zabolotnyi, V.F. (2017) *Vyvchennia zahalnykh pytan metodyky navchannia fizyky v umovakh suchasnoi paradyhmy osvity [Study of general issues of methods of teaching physics in the modern paradigm of education]*. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriya: Pedahohichni nauky*. 146, 66–69. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2017_146_16 (data zvernennia: 08.07.2021) [in Ukrainian].

7. Palamarchuk, V.F. (2005) *Pershoosnovy pedahohichnoi innovatyky [Fundamentals of pedagogical innovation]: u 2 t.* Kyiv: Znannia Ukrainy, P. 1 [in Ukrainian].
8. Sus, B.A., Shut, M.I. (2003) *Problemy dydaktyky fizyky u vyshchii shkoli [Problems of didactics of physics in high school].* Vyd. 2-e. Kyiv: Prosvita [in Ukrainian].
9. Getting Started with Arduino products. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide> (data zvernennia: 08.07.2021) [in English].
10. Teaching robotics with an open curriculum based on the e-puck robot, simulations and competitions URL: www.innoc.at/fileadmin/user_upload/_temp_/RiE/Proceedings/21.pdf (data zvernennia: 08.07.2021) [in English].