



COMPARATIVE PEDAGOGY ПОРІВНЯЛЬНА ПЕДАГОГІКА.

UDC 371.214.5

DOI 10.35433/pedagogy.4(119).2024.8

COMPETENT SPECIALISTS' PROFESSIONAL TRAINING IN THE STEM EDUCATION SYSTEM IN THE UNITED STATES OF AMERICA

O. V. Prymak*

The article examines the main problems and challenges faced by the system of competent professionals' training in STEM education in the USA. It is substantiated that the professional training of specialists in the STEM education system in the USA aims to form a high level of competencies in students that meet the requirements of the modern labour market. In particular, attention is focused on the integration of an interdisciplinary approach, which allows students to acquire comprehensive knowledge and skills to apply them in various fields of science and technology. The goal of the article is to analyze the main STEM institutions, educational programs, methods, and approaches used in the USA for the professional training of competent specialists in the STEM education field. The main characteristics that are the leading signs of innovative education of the future, which require detailed study and implementation in the education system of Ukraine, have been clarified. The effectiveness of active learning methods, including project work, practical exercises, and using the latest technologies, has been established. Additionally, factors of professional development of STEM educators, who must have a high level of competence and continuously improve their knowledge throughout their lives according to the modern requirements of education and science, have been identified. Methods and strategies for improving the qualifications of teachers, including participation in seminars, trainings, and exchange programs, have been highlighted. The issues of comprehensive research and solving key problems of professional training of competent specialists in the STEM education system in the USA, which are necessary for the further development of science, technology, and innovation in the country, have been addressed. The high effectiveness of educational programs has been proven, taking into account the role of universities, colleges, and technical institutes, as well as the participation of the private sector and public initiatives in the development of STEM education. Key aspects that contribute to the formation of highly qualified specialists capable of meeting the needs of the modern labour market have been identified.

Keywords: *STEM education, professional training, STEM teachers, interdisciplinary approach, competent specialists, STEM institutions, educational innovative programs.*

* Postgraduate Student
(Zhytomyr Ivan Franko State University)
olchkaa@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8854-4560

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА КОМПЕТЕНТНИХ ФАХІВЦІВ У СИСТЕМІ STEM-ОСВІТИ В СПОЛУЧЕНИХ ШТАТАХ АМЕРИКИ

О. В. Примак

У статті розглянуто основні проблеми та виклики, з якими стикається система підготовки компетентних фахівців у STEM-освіті США. Обґрунтовано, що професійна підготовка фахівців у системі STEM-освіти в США спрямована на формування високого рівня компетентностей у здобувачів освіти, що відповідають вимогам сучасного ринку праці. Зокрема, акцентовано увагу на інтеграції міждисциплінарного підходу, який дозволяє здобувачам освіти отримувати цілісні знання та вміння застосовувати їх у різних галузях науки і техніки. Метою статті є аналіз основних STEM-інституцій, освітніх програм, методів та підходів, які використовуються у США для професійної підготовки компетентних фахівців у сфері STEM-освіти. З'ясовано основні характеристики, що є провідними ознаками інноваційної освіти майбутнього, які потребують детального вивчення та впровадження у систему освіти України. Встановлено ефективність методів активного навчання, що включають проектні роботи, практичні заняття та використання новітніх технологій. Крім того, виявлено чинники професійного розвитку викладачів STEM-дисциплін, які повинні мати високий рівень компетенцій та постійно вдосконалювати свої знання впродовж життя відповідно до сучасних вимог освіти та науки. Виокремлено методи та стратегії підвищення кваліфікації викладачів, зокрема через участь у семінарах, тренінгах та програмах обміну досвідом. Висвітлено питання комплексного дослідження та вирішення ключових проблем професійної підготовки компетентних фахівців у системі STEM-освіти в США, що є необхідним для подальшого розвитку науки, технологій та інновацій у країні. Доведено високу ефективність освітніх програми, враховано роль університетів, коледжів, технічних інститутів, а також участь приватного сектору та державних ініціатив у розвитку STEM-освіти. Визначено ключові аспекти, які сприяють формуванню висококваліфікованих спеціалістів, здатних задовольнити потреби сучасного ринку праці.

Ключові слова: STEM-освіта, професійна підготовка, STEM-викладачі, міждисциплінарний підхід, компетентні фахівці, STEM-інституції, освітні інноваційні програми.

Introduction of the issue. In the modern world, science, technology, engineering, and mathematics play a vital role not only in the development of education but also in the advancement of the economy and society as a whole. As a result, STEM education, which encompasses four key areas – Science, Technology, Engineering, and Mathematics – has gained significant importance and relevance. The innovative approach in STEM aims to prepare students to meet the diverse challenges of today's world, where technological and scientific knowledge is crucial for everyday life. The relevance of this topic arises from the need to explore insufficiently studied aspects of the professional training of competent specialists in the U.S. STEM education system. Several key problems currently exist that could lead to a decline in the quality of domestic education and a lack of student motivation, such as: the lack of preparation for competent STEM educators, gender stereotypes and biases

Постановка проблеми. У сучасному світі наука, технології, інженерія та математика відіграють важливу роль у розвитку не лише освіти, а й економіки та суспільства загалом. Тому великої значущості та актуальності набирає STEM-освіта, яка охоплює навчання в чотирьох основних галузях: природничих наук (Science), технологій (Technology), інженерної справи (Engineering) та математики (Mathematics). Новаторський підхід має на меті підготувати здобувачів освіти до різноманітних викликів сучасного світу, де технологічні та наукові знання є вагомими та потрібними для життя. Актуальність теми зумовлена необхідністю вивчення недостатньо досліджених аспектів професійної підготовки компетентних фахівців у системі STEM-освіти в США. Наразі існує кілька ключових проблем, які можуть призвести до зниження якості вітчизняної освіти та недостатньої мотивації здобувачів до навчання, а саме: відсутність підготовки компетентних фахівців для викладання STEM-дисциплін, гендерні стереотипи та

against women in science, and the strong link between theory and practice in STEM. It is worth noting that students may lose interest in STEM subjects due to their complexity or inability to see how this knowledge is applied in real life. Therefore, it is necessary to consider important aspects of competent specialist training in the U.S. STEM education system, as this country leads the way in many educational innovations.

Current state of the issue.

Experienced researchers from different countries have focused on studying STEM education. A range of studies is directed toward addressing the problems and finding solutions for the professional training of competent specialists in innovative fields.

Recent STEM education studies in the USA have been conducted by various scholars, each contributing to the promotion and development of this field. Notable scientists such as Jo Boaler, Kristen Brolin, Vivek Wadhwa, Richard Larson, Christopher Thomas, Darling Hammond, Mohamed Hasim, and others have researched innovative STEM education approaches. In particular, Christopher Thomas proposed specific models for investing in STEM education to maintain the USA's competitiveness in a rapidly changing global environment [3]. Mohamed Hasim explored the impact of professional development on improving the self-esteem of STEM program educators [10]. Darling Hammond and his colleagues conducted a systematic review of research results on the perception of STEM pedagogy among average teachers and identified key barriers to its implementation, such as inadequate training and lack of resources [5].

After analyzing the latest research on the problem of competent specialists' professional training in the STEM education system in the USA, it can be noted that the key elements of successful professional development in the STEM field are specially designed programs for such specialists, student-oriented active learning that combines theory with practice, close interaction between teachers and students, and coherence,

упередження щодо жінок в науці, а також міцний зв'язок в STEM між теорією та практикою. Слід зауважити, що здобувачі освіти можуть втратити інтерес до STEM-предметів через їхню складність або через нездатність побачити, як ці знання застосовуються в реальному житті. Тому вважаємо за доцільне детально розглянути важливі аспекти підготовки компетентних фахівців у галузі STEM-освіти в США, адже саме ця країна є провідною з багатогранними інноваціями в освіті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвідчені науковці з різних країн світу приділяють увагу дослідженню STEM-освіти. Низка досліджень спрямовані на вирішення проблем та пошуків шляхів їх вирішення щодо професійної підготовки компетентних фахівців в інноваційних галузях. Сучасні дослідження в галузі STEM-освіти в США проводилися різними науковцями, кожен з яких зробив свій внесок у популяризацію та розвиток цієї галузі. Відомі вчені Джо Боулер, Крістен Бролін, Вівек Вадва, Річард Ларсон, Крістофер Томас, Дарлін Хамонд, Мохамед Хасім та інші досліджували інноваційну STEM освіту. Зокрема, Крістофер Томас запропонував конкретні моделі інвестування в STEM-освіту, з метою збереження конкурентоспроможності США в умовах глобальних змін [3]. Мохамед Хасім досліджував вплив професійного розвитку на підвищення самооцінки викладачів STEM-програм [10]. Дарлін Хамонд та його колеги провели систематичний огляд результатів досліджень щодо сприйняття STEM-педагогіки середньостатистичними викладачами та визначили основні бар'єри для її впровадження, такі як недостатня підготовка та відсутність потенційних ресурсів [5].

Проаналізувавши останні дослідження з проблеми професійної підготовки компетентних фахівців у системі STEM освіти в США, можна зазначити, що ключовими елементами успішного професійного розвитку в галузі STEM є спеціально розроблені програми для таких фахівців, студенто-орієнтоване активне навчання, що поєднує теорію з практикою, тісна взаємодія викладачів зі студентами та когерентність, тобто узгодженість між новими знаннями, які викладачі отримують під час навчання та їхніми вже

meaning alignment between the new knowledge teachers acquire during training and their existing knowledge and practice. It is undeniable that STEM programs are aimed at the continuous professional development of competent specialists, which positively impacts their productivity [5; 10].

Outline of unresolved issues brought up in the article. Several unresolved aspects of the general problem can be highlighted. First, the introduction of an interdisciplinary approach in educational programs, allows students to apply knowledge from various fields simultaneously. Second, the effectiveness of active learning methods and their impact on student success needs to be investigated. This article aims to analyze these key aspects, ensuring high-quality training of specialists who can meet the demands of modern science and technology.

Aim of the research. The goal of the article is to analyze the main STEM institutions, educational programs, methods, and approaches used in the USA for the professional training of competent specialists in the STEM education field.

Results and discussion. STEM is an innovative type of education based on specific unique teaching methods that consider individual qualities, foster critical thinking in each student, and integrate several educational fields to motivate learning. Based on the analysis of works by prominent scientists and synthesizing well-known facts and strategies of education in the USA, we can outline the leading characteristics of STEM education, such as:

- *interdisciplinary approach*: STEM education combines knowledge and practical experience from different disciplines, enabling students to solve real-world problems comprehensively;

- *practical learning*: significant emphasis is placed on practical sessions, laboratory work, projects, and experiments that help students apply theoretical knowledge in practice;

- *critical thinking development*: innovations stimulate students to think

існуючими знаннями та практикою. Незаперечним є факт, що STEM-програми спрямовані на постійний професійний розвиток компетентних фахівців, що позитивно впливає на їхню продуктивність [5; 10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Можна виділити кілька невирішених раніше частин загальної проблеми. По-перше, це впровадження міждисциплінарного підходу в навчальні програми, що дозволяє студентам застосовувати знання з різних галузей одночасно. По-друге, досліджується ефективність методів активного навчання та їх вплив на успішність здобувачів освіти. Таким чином, стаття спрямована на аналіз цих ключових аспектів, що забезпечують якісну підготовку фахівців, здатних відповідати вимогам сучасної науки і технологій.

Метою статті є аналіз основних STEM-інституцій, освітніх програм, методів та підходів, які використовуються у США для професійної підготовки компетентних фахівців у сфері STEM-освіти.

Виклад основного матеріалу. Зокрема, STEM – це один з видів інноваційної освіти, яка базується на певних унікальних методах навчання, враховує індивідуальні якості, розвиток критичного мислення кожного студента та інтегрує декілька освітніх галузей таким чином, щоби вмотивувати до навчання. На основі аналізу праць відомих учених, узагальнивши відомі факти та стратегії освіти в США, можемо виділити провідні характеристики STEM-освіти, а саме:

- *міждисциплінарний підхід*: STEM-освіта поєднує в собі знання і практичний досвід із різних дисциплін, що дозволяє здобувачам освіти набувати здатності комплексно вирішувати реальні проблеми;

- *практичне навчання*: значна увага приділяється саме практичним заняттям, лабораторних роботам, проєктам та експериментам, які допомагають студентам застосовувати теоретичні знання на практиці;

- *розвиток критичного мислення*: інновації стимулюють студентів мислити критично, аналізувати інформацію та знаходити оптимальні, оригінальні рішення;

critically, analyze information, and find optimal, original solutions;

- *project-based learning*: students constantly work on projects that solve real-world tasks, helping develop teamwork and project management skills;

- *development of key competencies for future learning*: STEM education helps develop essential skills for the modern world, such as critical thinking, creativity, collaboration, and communication;

- *active learning*: this process of acquiring new knowledge and skills actively involves students through various interactive tasks such as discussions, group projects, and practical assignments;

- *career growth preparation*: STEM education focuses on preparing students for building successful careers in real life.

It is worth noting that these characteristics are leading features of innovative education for the future, which require detailed study and implementation in the Ukrainian education system.

The professional training of competent specialists in the U.S. STEM education system is carried out through specially designed programs in public secondary schools, colleges, technical institutes, and universities. These institutions are the primary ones where STEM specialists are trained. As of 2024, there are over 15,000 schools (public and private) in the USA where students study and explore the world through STEM disciplines, with 20% of them focusing exclusively on STEM education.

In the context of our study, it is appropriate to highlight the Illinois Mathematics and Science Academy (USA, Illinois), where STEM-focused education has been provided since 1985. This public school allows its students to study various STEM courses, conduct experiments, and create innovative technologies. Innovative teaching methods such as problem-based learning, integrated learning (combining different disciplines to create a comprehensive approach), and research-based learning (students conduct various studies using

- *навчання через проекти*: студенти постійно працюють над проектами, які вирішують реальні задачі, що допомагає розвивати здатність працювати в команді та вміння керувати проектами;

- *розвиток ключових компетентностей, необхідних для навчання майбутнього*: STEM-освіта допомагає розвивати здібності, необхідні для сучасного світу, такі як критичне мислення, креативність, співпраця та комунікація.

- *активне навчання* – це процес набуття нових знань та навичок, при якому студенти активно залучені до самого процесу пізнання через різноманітні інтерактивні завдання, такі як обговорення, групові проекти та практичні завдання.

- *підготовка до кар'єрного зростання*: STEM-освіта орієнтована на підготовку студентів до побудови успішної кар'єри у реальному житті.

Зауважимо, що саме ці характеристики є провідними ознаками інноваційної освіти майбутнього, які потребують детального вивчення та впровадження у систему освіти України.

Професійна підготовка компетентних фахівців у системі STEM-освіти у США здійснюється через спеціально-розроблені програми в державних середніх школах, коледжах, технічних інститутах та університетах. Саме вони є основними інституціями, де здійснюється підготовка STEM-фахівців. Наразі станом на 2024 р. в США існує більше 15 тис. шкіл (державні та приватні), в яких здобувачі освіти вивчають та пізнають навколишній світ через STEM-дисципліни, причому 20% з них зосереджені виключно на STEM-навчанні.

В контексті нашого дослідження вважаємо за доцільне виділити публічну школу-інтернат Illinois Mathematics and Science Academy (США, штат Іллінойс), в якій здійснюється STEM-орієнтоване навчання з 1985 р. Це державна школа, яка дає можливість своїм учням вивчати різноманітні STEM-курси, проводити експерименти та створювати інноваційні технології. Такі інноваційні методи навчання, як проблемно-орієнтоване (problem-based learning), інтегроване (поєднання різних дисциплін для створення комплексного підходу) та дослідницьке (учні

digital and interactive technologies) are aimed at developing true thinkers of the new generation. Each student is assigned mentors who provide guidance and help in exploring the unknown through natural sciences and information technologies. Mentors are qualified STEM education specialists. Together with mentors, students (this is their first task after admission to the institution) develop a specialized program that includes additional STEM courses. Once a week, students conduct independent research work, after which they present their research results and assess their potential. A mandatory condition is completing an internship in business structures outside the educational institution. In such schools, a professional STEM curriculum is implemented, which involves engaging students in scientific research. It integrates STEM into the curricula of humanities subjects, establishing a specific cycle of natural science courses, thereby allowing students to fully unlock their educational potential. Notably, many organizations use various mentoring programs to attract youth to innovative technologies. The most popular include the National Mentoring Partnership (<http://www.mentoring.org>), Ask an Expert (<http://www.askanexpert.com>), the International Telementor Program (<http://www.telementor.org>), and Letting Education Achieve Dreams (<http://www.uhv.edu/lead/mentoring.htm>) [1; 2].

Many renowned institutions, such as the Massachusetts Institute of Technology (MIT), the University of California, Berkeley, and Stanford University, provide high-quality education and access to cutting-edge research. Their educational programs include undergraduate, master's, and doctoral degrees across a wide range of disciplines encompassing all aspects of STEM. Technical institutes like the California Institute of Technology and the Georgia Institute of Technology play a significant role in training engineers and scientists, offering intensive programs

проводять різні дослідження з використанням цифрових та інтерактивних технологій) спрямовані на розвиток справжніх мислителів нового покоління. Для кожного учня в школі є ментори, які консультують та допомагають у пізнанні незвіданого через природничі науки та інформаційні технології. Ментори – це кваліфіковані фахівці в STEM-навчанні. Разом з менторами учні (це їхнє перше завдання після вступу до навчального закладу) розробляють певну спеціалізовану програму, в яку входять й додаткові STEM-курси. Один раз на тиждень учні займаються науково-дослідною роботою самостійно, після чого презентують результати своїх досліджень та оцінюють свій потенціал. Обов'язковою умовою є проходження навчальної практики в бізнесових структурах поза межами навчального закладу. В школах такого типу діє професійний STEM-курикулум, який передбачає залучення учнів до науково-дослідних робіт. Він інтегрує STEM до навчальних планів і програм гуманітарних дисциплін із встановленням певного циклу курсів природничих дисциплін, цим самим надаючи учням якнайкраще розкрити власний освітній потенціал. Зауважимо, що багато організацій використовують різні менторські програми для залучення молоді до інноваційних технологій. Найбільшою популярністю користуються "Національне партнерство з менторства" (National Mentoring Partnership, <http://www.mentoring.org>), "Спитай у експерта" (Ask an Expert, <http://www.askanexpert.com>), "Міжнародна програма телементорства" (International Telementor Program, <http://www.telementor.org>), "Дозволяємо освіті здійснити мрії" (Letting Education Achieve Dreams, <http://www.uhv.edu/lead/mentoring.htm>) тощо [1; 2].

Багато відомих закладів, таких як Массачусетський технологічний інститут (Massachusetts Institute of Technology (MIT)), Каліфорнійський університет в Берклі (University of California, Berkeley), Стенфордський університет (Leland Stanford Junior University) та інші, забезпечують високоякісне навчання та

focused on practical training and research activities. Observations on the preparation of highly qualified specialists highlight key places to obtain STEM education, with universities and colleges being the most popular.

The Massachusetts Institute of Technology (MIT) is one of the leading technical universities in the world, known for its unique programs in engineering and natural sciences. It is undeniable that the most popular and well-known STEM programs at this institution are Electrical Engineering and Computer Science (EECS) and Biological Engineering [6].

Electrical Engineering and Computer Science (EECS) is one of the most prestigious educational programs globally, combining two innovative fields – electrical engineering and computer science. A key aspect of this program is its interdisciplinary approach, as it integrates a comprehensive study of theoretical knowledge about computer and information systems, artificial intelligence, nanoelectronics, robotics, microelectronics, software, cryptography, and more, alongside practical skills. Students work with advanced technologies in modern, upgraded laboratories equipped with specialized equipment. EECS encompasses undergraduate, master's, doctoral programs, and specialized STEM courses (such as Programming and Software Engineering, Programming Languages, Theoretical Computer Science, Security and Cryptography, Computer Systems, Computer Architecture, and others). MIT offers several undergraduate programs in STEM, notably a Bachelor of Science in Electrical Science and Engineering. Students initially study three foundational courses in circuit design, nanosignals, and computer architecture, each with a specialization in three main subjects (for instance, nanoelectronics, electromagnetism, neurophysiology, etc.), along with two of the most challenging course subjects and two elective disciplines. This program is designed for students aspiring to engage in innovative

доступ до передових досліджень сучасності. Освітні програми включають бакалаврські, магістерські та докторські ступені з широкого спектру дисциплін, що охоплюють усі аспекти STEM. Значну роль відіграють і технічні інститути, такі як Каліфорнійський Інститут Технологій (California Institute of Technology) та Технологічний Інститут Джорджії (Georgia Institute of Technology), що спеціалізуються на підготовці інженерів та науковців, пропонуючи інтенсивні програми з акцентом на практичну підготовку та дослідницьку діяльність. За результатами спостережень підготовки висококваліфікованих фахівців можна виділити основні місця, де можна здобути STEM-освіту. Найбільшою популярністю користуються університети та коледжі.

Массачусетський технологічний інститут (MIT) – один з провідних технічних університетів у світі, відомий своїми унікальними програмами в галузі інженерної справи та природничих наук. Незаперечним є факт, що найбільш популярними та відомими STEM-програмами цього навчального закладу є Електротехніка та Комп'ютерні науки (Electrical Engineering and Computer Science) (EECS), а також Біоінженерія (Biological Engineering) [6].

Electrical Engineering and Computer Science) (EECS) є однією із найпрестижніших навчальних програм у світі та об'єднує два інноваційних напрямки – електротехніку та комп'ютерні науки. Загалом, ключовим аспектом такої програми є міждисциплінарний підхід, адже вона поєднує комплексне вивчення теоретичних знань про комп'ютерні та інформаційні системи, штучний інтелект, наноелектроніку, робототехніку, мікроелектроніку, програмне забезпечення, криптографію тощо в поєднанні з практичними навичками. Слід зауважити, що здобувачі освіти працюють з передовими технологіями в сучасних модернізованих лабораторіях, оснащених спеціальним обладнанням. EECS включає в себе бакалаврат, магістратуру, докторантуру та спеціальні STEM-курси (Programming and Software Engineering, Programming Languages, Theoretical Computer Science, Security and Cryptography, Computer Systems, Computer Architecture та інші). MIT пропонує декілька

research and development in engineering, biotechnology, and information systems.

The University of California, Berkeley, offers extensive opportunities for education and research in STEM. Stanford University is known for its innovations in technical and scientific research [9].

For instance, let's consider one university that provides professional training for competent specialists in the STEM education system in the USA.

At Stony Brook University (The State University of New York at Stony Brook), various programs prepare specialists in the field of STEM. This higher education institution is part of the City University of New York, training highly qualified specialists across various fields and directions. An innovative, leading, and highly popular entity is the I-STEM Institute at Stony Brook University. It is a large interdisciplinary STEM centre that promotes the support and development of innovative education for the future. The institute offers a wide range of educational programs and exciting projects for educators, graduate students, and undergraduates. The mission of I-STEM is to provide comprehensive, high-quality, and accessible STEM education that is becoming increasingly popular. This institute is known for implementing an interdisciplinary approach to education and research in science, technology, engineering, and mathematics. It actively supports and develops active learning, innovation, and entrepreneurial initiatives among students and faculty. The institute provides resources for start-up development and hosts various events aimed at commercializing scientific discoveries. The main goal of I-STEM is to recognize, engage, and develop talents, creativity, and spatial thinking.

Let's analyze the key aspects of PhD training at the I-STEM Institute. The PhD program in Science Education was designed for professional preparation:

– educators in STEM universities or colleges who manage education programs for STEM teachers (specializing in several innovative fields and teaching students

програм підготовки бакалаврів у газузі STEM, а саме Bachelor of Science in Electrical Science and Engineering. Зокрема, здобувачі освіти спочатку вивчають три базових курси з схемовивчення, наносигналів та компютерної архітектури. В кожному курсі є спеціалізація з трьох основних предметів, (до прикладу наноелектроніка, електромагнетика, нейрофізіологія тощо), двох найскладніших предметів курсу та двох дисциплін на вибір. У цьому контексті слід зауважити, що така програма розроблена для здобувачів освіти, хто прагне займатися інноваційними дослідженнями та розробками у сфері інженерної справи, біотехнологій та інформаційних систем.

Каліфорнійський університет в Берклі відкриває широкі можливості для навчання та досліджень у галузі STEM. Стенфордський університет відомий своїми інноваціями в технічних та наукових дослідженнях [9].

До прикладу, розглянемо один з університетів, в якому здійснюється професійна підготовка компетентних фахівців у системі STEM-освіти у США.

У національному університеті Стоні-Брук (The State University of New York at Stony Brook), реалізуються різні програми підготовки спеціалістів в галузі STEM. Цей заклад вищої освіти є частиною державного університету Нью-Йорку (City University of New York), що готує висококваліфікованих фахівців за різними спеціальностями та напрямками. Інноваційним, провідним та найбільш популярним є Інститут STEM-освіти (I-STEM) Університету Стоні-Брук. Він є великим міждисциплінарним центром STEM, що сприяє підтримці та розвитку інноваційної освіти майбутнього. Саме там є широкий спектр освітніх програм та захоплюючих проєктів для викладачів, аспірантів і студентів. Місія I-STEM полягає в тому, щоб забезпечити всебічну, високоякісну та всім доступну STEM-освіту, яка стає все більше популярною. Саме цей інститут відомий впровадженням міждисциплінарного підходу до освіти та досліджень в галузях науки, технологій, інженерії та математики. Інститут активно підтримує та розвиває активне навчання, інновації та підприємницькі ініціативи серед студентів та викладачів. Він активно надає ресурси для розвитку стартапів, проведення різноманітних заходів, що спрямовані на комерціалізацію наукових

using an interdisciplinary approach), consistently collaborating with schools and school systems in local, state, and national STEM projects;

- researchers investigating various aspects of STEM education;

- directors and leaders developing and implementing STEM programs at local, district, and state levels within the K-12 education system (which encompasses education from kindergarten through 12th grade, corresponding to ages 5 to 18) [4; 7; 8; 10].

Teachers for Improving Theoretical and Practical Knowledge Related to STEM Education.

Internships and cooperative programs at the I-STEM Institute are crucial components for implementing practical training in STEM education. These programs allow students to gain real experience by working in leading companies and research laboratories. They help students apply theoretical knowledge in practice and prepare them for the real challenges of professional activity.

Through certification and additional education, individuals can enhance their knowledge and support professional development when teaching STEM programs. Professional certifications in information technology, engineering, and other STEM disciplines are an important part of career advancement. Many universities and professional organizations, such as IEEE and ACM, offer certification programs that help professionals remain competitive in today's job market.

Government initiatives and the private sector are vital for developing innovative competencies. Federal and state initiatives, such as the STEM Education Act and America COMPETES Act, provide financial support for educational programs and research in the STEM field. The U.S. Department of Education, through programs like the STEM Master Teacher Corps, supports the development of highly qualified teachers who are key to preparing new generations of STEM professionals.

відкриттів. Основна мета I-STEM – це розпізнавати, залучати та розвивати таланти, креативність та просторове мислення.

Проаналізуємо основні аспекти підготовки докторів філософії у I-STEM інституті. У ньому програма підготовки докторів філософії в галузі освіти (PhD in Science education) була розроблена для професійної підготовки:

- викладачів STEM-університету або коледжу, які керують програмами освіти для STEM-педагогів (які спеціалізуються в декількох інноваційних галузях та навчають студентів, застосовуючи в роботі міждисциплінарний підхід), постійно співпрацюють зі школами та шкільними системами в місцевих, державних та національних проектах STEM;

- науковців, що досліджують різні аспекти STEM-навчання;

- директорів та керівників, що здійснюють розробку та впровадження STEM-програм на місцевому, окружному та державному рівнях за шкільною системою K-12 (це система освіти, що охоплює навчання від дитячого садочка до 12-го класу, відповідно від 5 до 18 років) [4; 7; 8; 10];

- викладачів для покращення теоретичних та практичних знань, що стосуються STEM-освіти.

Інтернатура та кооперативні програми в I-STEM інституті є важливими складовими для впровадження практичного навчання у STEM-освіті. Ці програми дозволяють студентам здобувати реальний досвід, працюючи в провідних компаніях та дослідницьких лабораторіях. Вони допомагають студентам застосовувати теоретичні знання на практиці та готують їх до реальних викликів професійної діяльності.

Завдяки сертифікації та додатковій освіті можна вдосконалити свої знання та сприяти професійному розвитку при викладанні STEM-програм. Професійні сертифікації у галузі інформаційних технологій, інженерії та інших STEM-дисциплін є важливою частиною кар'єрного зростання. Багато університетів та професійних організацій, таких як IEEE та ACM, пропонують сертифікаційні програми, які допомагають фахівцям залишатися конкурентоспроможними на сучасному ринку праці.

Private companies also play a significant role in developing STEM education by providing funding, technology, and internship opportunities for students. Partnerships between universities and tech giants like Google, Microsoft, and NASA create conditions for integrating cutting-edge technologies into the educational process and conducting joint research for the future.

The preparation of STEM specialists in the U.S. is regulated by a series of normative documents and standards, including:

- Next Generation Science Standards (NGSS): a comprehensive set of standards for studying science that defines what students should know and be able to do at each educational level.

- Common Core State Standards (CCSS): These standards define the core knowledge and skills in mathematics and English language arts that students should master.

- Federal programs and initiatives aim to improve the quality of education in the U.S. and enhance the competitiveness of the national economy.

The STEM Education Act is aimed at expanding and improving STEM education, including funding for programs and research. The America COMPETES Act is another law aimed at strengthening American competitiveness through investments in science, technology, and innovation.

Initiatives from the U.S. Department of Education play a key role in implementing effective STEM programs:

STEM Master Teacher Corps: A program supporting and developing highly qualified STEM teachers.

Educate to Innovate: An initiative aimed at improving the quality of STEM education through collaboration among government, business, and non-profit organizations.

Instructions and recommendations from professional associations also motivate students. The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) continuously publishes standards and guidelines for teaching mathematics. The American Association for the

Важливими для розвитку новаторських компетентностей є державні ініціативи та приватний сектор. Федеральні та державні ініціативи, такі як STEM Education Act та America COMPETES Act, забезпечують фінансову підтримку освітніх програм та досліджень у сфері STEM. Міністерство освіти США, через програми на кшталт STEM Master Teacher Corps, підтримує розвиток висококваліфікованих викладачів, які є ключовими для підготовки нових поколінь STEM-фахівців.

Приватні компанії також відіграють значну роль у розвитку STEM-освіти, надаючи фінансування, технології та можливості стажування для студентів. Партнерства між університетами та такими технологічними гігантами, як Google, Microsoft та NASA, створюють умови для інтеграції найновіших технологій у навчальний процес та проведення спільних досліджень задля майбутнього.

Підготовка STEM спеціалістів у США регулюється низкою нормативних документів та стандартів. Основними з них є:

- Next Generation Science Standards (NGSS) – це комплексний набір стандартів для вивчення науки, який визначає, що студенти повинні знати та вміти на кожному рівні освіти.

- Common Core State Standards (CCSS) – ці стандарти визначають основні знання та навички в математиці та англійській мові, які студенти повинні опанувати.

Федеральні програми та ініціативи спрямовані на покращення якості освіти в США та підвищення конкурентоспроможності економіки держави.

STEM Education Act – закон, який спрямований на розширення та покращення STEM-освіти, включаючи фінансування програм і досліджень. America COMPETES – інший закон, спрямований на зміцнення американської конкурентоспроможності через інвестиції в науку, технології та інновації.

Ініціативи Міністерства освіти США відіграють ключову роль у впровадженні ефективних STEM-програм.

STEM Master Teacher Corps: програма підтримки та розвитку

Advancement of Science (AAAS) develops resources and standards for science. Each state in the U.S. may have its own standards and normative documents that complement national standards.

By analyzing and comparing these normative documents and initiatives, we can formulate the assertion that they ensure a high quality of training for STEM specialists in the U.S. by establishing clear requirements and supporting innovation in education.

Conclusions and research perspectives. Professional training of competent specialists in the STEM education system in the U.S. remains relevant for ensuring high-quality education and preparing personnel capable of meeting the demands of the modern labour market. Analysis of scientific research indicates that the integration of an interdisciplinary approach significantly enhances students' ability to apply knowledge in various areas of life. Active learning methods, such as project work and practical classes, contribute to a deeper understanding of the material and the development of critical thinking. Existing programs and initiatives demonstrate positive results; however, there is a need for further development and the introduction of new approaches to enhance the level of engagement in these groups. Professional development of STEM educators is another key aspect influencing the quality of training competent specialists. Continuing education through participation in workshops, training, and experience sharing contributes to enhancing skills and ensuring the relevance of educational programs.

Therefore, for the further development of the STEM education system, it is necessary to continue implementing innovative teaching methods, fostering the uniqueness of educational programs, and supporting the professional development of teachers. These measures will contribute to the preparation of competent specialists capable of

висококваліфікованих вчителів STEM-дисциплін.

Educate to Innovate: Ініціатива, спрямована на покращення якості STEM освіти через взаємодію між урядом, бізнесом та некомерційними організаціями.

Інструкції та рекомендації від професійних асоціацій мотивують здобувачів освіти теж. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) постійно публікує стандарти та керівні принципи для викладання математики. American Association for the Advancement of Science (AAAS) розробляє ресурси та стандарти для науки. Кожен штат в США може мати свої власні стандарти та нормативні документи, які доповнюють національні стандарти.

Проаналізувавши та порівнявши ці нормативні документи та ініціативи можемо сформулювати твердження, що вони забезпечують високу якість підготовки STEM-спеціалістів у США, встановлюючи чіткі вимоги та підтримуючи інновації в освіті.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок. Професійна підготовка компетентних фахівців у системі STEM-освіти в США залишається актуальною для забезпечення високоякісної освіти та підготовки кадрів, здатних задовольнити потреби сучасного ринку праці. Аналіз наукових досліджень свідчить, що інтеграція міждисциплінарного підходу значно покращує здатність здобувачів освіти застосовувати знання у різних сферах життя. Методи активного навчання, такі як проєктні роботи та практичні заняття, сприяють глибшому розумінню матеріалу та розвитку критичного мислення. Існуючі програми та ініціативи демонструють позитивні результати, проте є необхідність у подальшому розвитку та впровадженні нових підходів для покращення рівня залучення цих груп. Професійний розвиток викладачів STEM-дисциплін є ще одним ключовим аспектом, що впливає на якість підготовки компетентних фахівців. Підвищення кваліфікації через участь у семінарах, тренінгах та обмін досвідом сприяє вдосконаленню розвитку здібностей та забезпеченню актуальності навчальних програм.

creative activity and solving complex scientific and technical challenges that require research and innovation.

Despite significant achievements, the STEM education system in the U.S. faces certain challenges, such as ensuring equitable access to quality education for all learners. Addressing these issues is key to the continued development of STEM education and the preparation of highly qualified specialists. The STEM education system in the U.S. is a complex and multifaceted mechanism that includes universities, technical institutes, and both public and private educational institutions. The integration of theoretical knowledge with practical experience, support for professional development, and an innovative approach to learning ensure the preparation of competent specialists capable of meeting the challenges of the modern job market. Further development and improvement of this system are crucial for maintaining the technological leadership of the U.S. in the world. Future research prospects lie in studying innovative technologies used in the STEM education system for preparing highly qualified specialists.

Отже, для подальшого розвитку системи STEM-освіти необхідно продовжувати впровадження інноваційних методик навчання, сприяти унікальності освітніх програм та підтримувати професійний розвиток викладачів. Ці заходи сприятимуть підготовці компетентних фахівців, здатних до творчої діяльності та вирішення складних науково-технічних завдань, що потребують досліджень та інновацій.

Попри значні досягнення, система STEM-освіти у США стикається з певними викликами, такими як забезпечення рівного доступу до якісної освіти для всіх здобувачів освіти. Вирішення цих проблем є ключовим для подальшого розвитку STEM-освіти та підготовки висококваліфікованих фахівців. Система STEM-освіти у США є складним і багатогранним механізмом, що включає університети, технічні інститути, державні та приватні заклади освіти. Інтеграція теоретичних знань з практичним досвідом, підтримка професійного розвитку та інноваційний підхід до навчання забезпечують підготовку компетентних фахівців, здатних відповідати на виклики сучасного ринку праці. Подальший розвиток та вдосконалення цієї системи є ключовим для підтримки технологічного лідерства США у світі. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у вивченні інноваційних технологій, які застосовуються у системі STEM-освіти при підготовці висококваліфікованих фахівців.

REFERENCES (TRANSLATED TRANSLITERATED)

1. Boichenko, M. (2019). *Teoretychni ta metodychni zasady osvity obdarovanykh shkoliariv u SShA, Kanadi ta Velykii Brytanii* [Theoretical and methodological foundations of education of gifted schoolchildren in the USA, Canada and Great Britain]. *Doctor's thesis* [in Ukrainian].
2. Boichenko, M. (2016). The terminological toolkit of comparative pedagogical research of gifted students' education in the United States, Canada and the UK. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tehnolohii* [Pedagogical Sciences: theory, history innovative technologies], 6 (60), 221-230 [in English].
3. Darrel, M. (2023). *West Improving workforce development and STEM education to preserve America's innovation edge*. Retrieved from: <https://www.brookings.edu/articles/improving-workforce-development-and-stem-education-to-preserve-americas-innovation-edge/> [in English].
4. *K12 STEM-education*. College of Education. Retrieved from: <https://education.purdue.edu/research/signature-areas/k-12-stem-education> [in English].
5. Kelly, C. Margot, Todd, Kettler. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*.

Retrieved from:
<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-023-00422-x>
[in English].

6. *School of Engineering. Department of Electrical Engineering and Computer Science.* (2024). Retrieved from: <https://catalog.mit.edu/schools/engineering/electrical-engineering-computer-science> [in English].

7. *STEM Curriculum. Discovery Education.* Retrieved from:
<https://www.discoveryeducation.com/solutions/stem> [in English].

8. *STEM education. What is STEM-education?* Retrieved from:
<https://www.k12.com/stem-education> [in English].

9. *Stony Brook University. P.h.D. in Science Education.* Retrieved from:
<https://www.stonybrook.edu/commcms/sciedphd/program/index.php> [in English].

10. Xuan Zhou, Lina Shu, Zhihong Xu & Yolanda Padrón. (2023). The effect of professional development on in-service STEM teachers' self-efficacy: a meta-analysis of experimental studies. *International Journal of STEM Education*. Retrieved from:
<https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-023-00422-x>
[in English].

Received: October 30, 2024
Accepted: November 19, 2024