

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені А. С. МАКАРЕНКА

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

УДК 378.147:[37.011.3-051:[5:51]]-027.561:37.091.33(043.5)

**ЮРЧЕНКО КАТЕРИНА ВОЛОДИМИРІВНА**

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ  
ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН  
ДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM  
У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ**

01 Освіта

015 Професійна освіта (цифрові технології)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ К.В. Юрченко

Науковий керівник – **Семеніхіна Олена Володимирівна**, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

Суми – 2025

## АНОТАЦІЯ

*Юрченко Катерина Володимирівна.* Формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 015 Професійна освіта (цифрові технології). – Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Суми, 2025.

Дисертацію присвячено проблемі формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (ВПМД) до застосування технологій STEM у професійній діяльності, яка виявлена на основі суперечностей: між суспільною затребуваністю природничо-математичної освіти та недостатнім рівнем природничо-математичної підготовки молоді в умовах ЗЗСО; між потенціалом освітньо-професійних програм підготовки ВПМД та недостатньою їх орієнтованістю на формування готовності майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності; між об'єктивною потребою суспільства в учителях, які здатні до впровадження технологій STEM, та обмеженістю уявлень про моделі формування готовності майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності, відсутністю розробленого теоретико-практичного супроводу такого формування.

Досягнення мети дослідження підпорядковано послідовному вирішенню п'яти завдань дослідження.

Для вирішення першого завдання дослідження (виявити стан розробленості проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у педагогічній теорії та практиці) використано теоретичні методи наукового пізнання - аналіз і узагальнення наукової літератури та освітньо-професійних програм. Зокрема, з'ясовано, що система професійної освіти стикається з численними викликами,

що підтверджують об'єкти наукових розвідок останніх п'яти років: компаративний аналіз закордонних практик підготовки вчителів, дослідження складників їх професійної підготовки, формуванням готовності вчителів до певного роду професійної діяльності, використання ІТ у підготовці вчителів різних спеціальностей, а також компетентність вчителя. Серед ключових проблем відзначено недостатню практичну орієнтованість професійної підготовки ВПМД, актуальність формування навичок використання ІТ для навчання та фрагментарні уявлення вчителів про зв'язки між дисциплінами в межах освітніх програм їхньої підготовки. Систематизація виявлених проблем сприяла усвідомленню науковцями шляхів їх вирішення, серед яких провідним сьогодні вважається активне упровадження STEM-освіти як галузі, яка поєднує природничо-математичні науки, інженерію і математику, чим забезпечує розвиток міжпредметних зв'язків у молоді та навичок використання ними сучасних технологій.

Для вирішення другого завдання дослідження (охарактеризувати технології STEM як ключового поняття дослідження) використано термінологічний аналіз, за результатами якого встановлено, що: STEM-освіта – це освітній процес, який базується на міждисциплінарному підході (інтеграції природничих наук, технологій, інженерії, математики та освіти) і спрямований на розвиток навичок успішного вирішення практичних завдань різних наукових галузей; STEM-технології як інструмент реалізації STEM-освіти – це двоїсте поняття, яке включає: (1) сучасні технології для розв'язування задач (наукове обладнання та інструменти, комп'ютерні технології та програмне забезпечення, інженерні інструменти та матеріали, математичні методи та алгоритми) та (2) методи організації міждисциплінарного навчання (проектний метод, метод занурення, метод моделювання).

На основі узагальнення практик упровадження STEM-освіти доведено, що успішне використання технологій STEM майбутніми вчителями базується на володінні технологічних інструментів і вміннях інтегрувати їх у процес

навчання та спрямовано на розвиток критичного мислення учнів при самостійному вирішенні проблем та практико-орієнтоване оцінювання здобувачів освіти через проєкти та практичні роботи.

За результатами аналізу ОПП підготовки майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності виявлено їх обмеженість щодо STEM-орієнтованої професійної підготовки. Зокрема, виявлено незначну кількість ОПП з освітніми компонентами, що орієнтовані на опанування технологій STEM. Додатково проведене опитування вчителів ВПМД Сумської області додатково продемонструвало обмеженість уявлень вчителів про STEM-освіту загалом та використання технологій STEM у їхній професійній діяльності, зокрема. Тому, зважаючи на Концепцію розвитку природничо-математичної освіти, парадигму НУШ на міждисциплінарне навчання та наявний досвід упровадження технологій STEM, який відтворено у науково-педагогічному дискурсі, обґрунтовано потребу вдосконалення ОПП підготовки ВПМД з метою забезпечити їхню готовність до застосування технологій STEM у професійній діяльності.

Для вирішення третього завдання дослідження (уточнити сутність поняття «готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності» та визначити його структуру) використано термінологічний і структурно-логічний аналіз провідних понять дослідження («готовність» до різних видів діяльності вчителя), на основі якого було уточнено поняття «готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності» - це особистісна якість, яка поєднує прагнення до розвитку в учнів навичок розв'язувати практичні проблеми з використанням міждисциплінарних зв'язків і технологій, спеціальні знання про STEM та уміння використовувати STEM-технології в освітньому процесі, а також уміння здійснювати рефлексію по відношенню до упровадження STEM-технологій у професійній діяльності. У структурі зазначеної готовності

виокремлено чотири складники: особистісний, знаннєвий, праксеологічний та рефлексивний компоненти.

Обґрунтовано, що формування готовності майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності – це складний процес, спрямований на розвиток у майбутніх ВПМД знань, умінь, навичок та особистісних якостей, необхідних для організації процесу навчання в ЗЗСО, яке базується на міждисциплінарній основі з використанням різних ІТ. Цей процес включає як теоретичне, так і практичне навчання, що дозволяє майбутнім вчителям ефективно використовувати міжпредметні зв'язки для формування в учнів системного, критичного і творчого мислення, навичок вирішення проблем та командної роботи.

Для вирішення четвертого завдання дослідження (розробити й теоретично обґрунтувати модель формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності) використано метод моделювання, на основі якого розроблено і теоретично обґрунтовано модель формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності. Модель є відкритою цілісною системою структурних (цільовий, організаційно-педагогічний, контрольньо-оцінювальний та результативний) блоків, які знаходяться у взаємозв'язку і взаємодії та спрямовані на удосконалення професійної підготовки вчителів з метою формування в них готовності до застосування технологій STEM у професійній діяльності. У моделі враховано: методологічні засади підготовки майбутніх ВПМД (системний, аксіологічний, компетентнісний, діяльнісний та інформаційно-цифровий) та специфічні принципи навчання (принцип упровадження STEM-технологій у навчання, проектно-орієнтованого навчання; оптимального поєднання індивідуальної і колективної діяльності, навчання через дослідження, критичного мислення і рефлексії); відбито етапи (організаційно-інформаційний, змістово-опраційний, результативний), протягом яких відбувалося формування готовності.

Ключовим в реалізації моделі є авторський спецкурс «Технології STEM у професійній діяльності вчителя», розрахований на 4 кредити, в якому передбачено використання традиційних та інноваційних форм (лекції-консультації, практичні заняття, самостійна робота, майстер-класи, індивідуальна робота з інформаційно-цифровими ресурсами), методів (проектний метод, методи інтерактивної групової взаємодії («Світове кафе», «Метод замальовування та записування ідей» та «Майстерня майбутнього»), метод комп'ютерної симуляції, кейс-метод) і засобів навчання (електронні освітні ресурси, науково-дослідні завдання, STEM-проекти).

Для виконання п'ятого завдання дослідження (експериментально перевірити ефективність моделі формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності) використано емпіричні методи наукового пізнання. Було розроблено діагностичний апарат, завдяки якому стала можливою якісна характеристика сформованості компонентів готовності. Зокрема, критеріями готовності виступили мотиваційний, когнітивний, діяльнісний, оцінювальний з відповідними показниками «Мотивація успіху (у впровадженні STEM)», «Обізнаність у галузі STEM», «Комплексні міжпредметні знання», «Уміння впроваджувати STEM», «Здатність до рефлексії». Для показників дібрано методики їх вимірювання, що дозволило якісно і кількісно охарактеризувати рівні готовності ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності: низький, середній, високий.

На основі діагностичного апарату стала можливою емпірична перевірка ефективності розробленої моделі через педагогічний експеримент, який відбувався протягом 2021-2024 н.р. До експериментальної групи (ЕГ), студенти якої навчалися за авторською моделлю, увійшло 49 осіб. До контрольної групи (КГ) – 54 особи.

Було проведено два вимірювання показників готовності вчителів ЕГ та КГ до застосування технологій STEM у професійній діяльності: первинне, на початку експерименту (2021) та вторинне (2024) для з'ясування динаміки

рівнів готовності у КГ та ЕГ. Статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту підтвердив ефективність розробленої моделі формування готовності майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності. Найбільшого розвитку набув знаннєвий компонент готовності за показником «Обізнаність у галузі STEM» (28,5%), найменшу, але статистично значущу, динаміку зафіксовано для показника «Здатність до рефлексії» рефлексивного компоненту готовності (20,5%). Вважаємо, що такому зростанню показників сприяли розроблений спецкурс «Технології STEM у професійній діяльності вчителя» та обрані форми, методи й засоби навчання.

Наукова новизна результатів полягає в тому, що:

- вперше розроблено, теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено ефективність моделі формування готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності;
- охарактеризовано поняття «технології STEM»;
- уточнено сутність поняття «готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності», розкрито його структуру в єдності особистісного, знаннєвого, праксеологічного, рефлексивного компонентів;
- подальшого розвитку набули наукові положення теорії і практики підготовки майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності; наукові уявлення про сутність, структуру, критеріальні та рівневі ознаки готовності майбутніх ВПМД до застосування технологій STEM у професійній діяльності.

**Ключові слова:** майбутні учителі, STEM-технології, природничо-математичні дисципліни, готовність до застосування технологій STEM, підготовка вчителів, ІТ, професійна освіта.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### Наукові праці,

### у яких опубліковані основні наукові результати дисертації

#### *Статті у наукових фахових виданнях України*

1. Юрченко К. Закордонний досвід та перспективи розвитку STEM-освіти в українських школах. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*, 2022. Випуск 1 (50). С. 337-339. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2022.50.337-340>.
2. Хворостіна Ю.В., Юрченко А.О., Юрченко К.В. Роль комп'ютерної анімації на уроках математики при вивченні теми «Побудова графіків функцій методом геометричних перетворень». *Вісник науки та освіти (Серія «Філологія», Серія «Педагогіка», Серія «Соціологія», Серія «Культура і мистецтво», Серія «Історія та археологія»)*, 2023. № 1(7). С. 644-659. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1\(7\)-644-659](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1(7)-644-659).
3. Юрченко К. В., Семеніхіна О. В. STEM-освіта на відкритих освітніх платформах. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. Кропивницький: Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка*, 2023. Випуск 208. С. 282-287. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-282-287>.
4. Mulesa P., Yurchenko K. Mathematics teacher training results through the prism of stakeholders' opinions. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 2023. № 2 (126). С. 389-938. <https://doi.org/10.24139/2312-5993/2023.02/389-398>.
5. Yurchenko K. Readiness of science & math teachers to apply STEM technologies in professional activities according to the cognitive criterion indicators. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2024. Том 12, № 7. С. 102-108. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i7-015>.

***Публікації у наукових виданнях іноземних держав***

6. Semenikhina O., Yurchenko K., Shamonina V., Khvorostina Y., Yurchenko, A. STEM-Education and Features of its Implementation in Ukraine and the World. 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022 – Proceedings, 2022. Pp. 690-695. <https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803620>. (Scopus)
7. Yurchenko A., Yurchenko K., Proshkin V., Semenikhina O. World Practices of STEM Education Implementation: Current Problems and Results. *International Journal of Research in E-Learning*, 2022. Vol. 8(2). Pp. 1-20. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2022.8.2.05>.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

8. Юрченко К.В. Технології STEM та їх використання в освітньому процесі. *Інформаційні технології в професійній діяльності* : матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції. Рівне : РВВ РДГУ, 2021. С. 188-189.
9. Юрченко К. Сучасні тренди у підготовці вчителів природничо-математичних дисциплін. *Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2021)* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 9 грудня 2021 р., м. Суми. Суми : ФОП Цьома С.П., 2021. С. 180-181.
10. Юрченко К., Юрченко А. Застосування STEM-технологій для розробки інтерактивних flash-додатків. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті*: збірник матеріалів XII-ї Міжнародної науково-практичної онлайн-інтернет конференції, м. Кропивницький, 01 листопада – 16 листопада 2021 року / Відп. ред. М. І. Садовий. Кропивницький: РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2021. С. 47-48.

11. Юрченко К. STEM-проекти на уроках математики в ЗЗСО. *Сучасні науково-методичні проблеми математики у вищій школі*: матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції, 23 – 24 травня 2022 р. К.: НУХТ, 2022. С. 130-132.
12. Юрченко К.В., Юрченко А.О. Розробка вебресурсу як навчального проєкту STEM-освіти. *Інформаційні технології і автоматизація*: Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції (20-21 жовтня 2022 р., Одеса), Видавництво ОНТУ, 2022 р. С. 129-132.
13. Юрченко К. В., Юрченко А. О. Проблемне навчання як STEM-технологія для підвищення навчально-пізнавальної діяльності учнів ЗЗСО. The 2nd International scientific and practical conference “*Modern problems of science, education and society*” (April 24-26, 2023) SPC “Sciconf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2023. pp. 626-628.
14. Юрченко К.В., Юрченко А.О. STEM-технологія як інструмент підготовки майбутніх вчителів математики. *Проблеми математичної освіти (ПМО – 2023)*: матеріали міжнародної науково-методичної конференції, м. Черкаси, 6-7 квітня 2023 р. Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2023. С. 220-221.
15. Юрченко К. Відкриті освітні ресурси в STEM-освіті. *Актуальні аспекти розвитку STEAM-освіти в умовах євроінтеграції*: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Кропивницький, 21 квітня 2023 року). Кропивницький : ДонДУВС, 2023. С. 311-312.
16. Юрченко К. В., Юрченко А. О. Огляд поняття STEM-освіти у науковій літературі. *Вектори розвитку науки, освіти, технологій і суспільства в умовах глобалізації*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 19 жовтня 2023 р.): у 2 ч. Полтава: ЦФЕНД, 2023. Ч. 1. С.36-37.

17. Юрченко К. Готовність учителів до застосування STEM-технологій у своїй професійній діяльності. *Наукова діяльність як шлях формування професійних компетентностей майбутнього фахівця (НПК-2023)* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 7-8 грудня 2023 р., м. Суми, Україна. Суми : СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2023. С. 71-72.

18. Юрченко К. Цифрові технології у розвитку математичної грамотності учнів. *Академічна культура дослідника в освітньому просторі: європейський та національний досвід*: збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Суми, 17-18 травня 2024 року) / за ред. О. М. Семеног. Суми : Видавництво СумДПУ імені А. Макаренка, 2024. С. 183-185.

19. Юрченко К. В., Юрченко А. О. Принципи реалізації системи підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій у професійній діяльності. *Інформаційні технології в соціокультурній сфері, освіті та економіці* : матеріали ІV Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих учених. / М-во освіти і науки України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв. Київ : Видавничий центр КНУКіМ, 2024. С.143-145.

## ABSTRACT

*Yurchenko Kateryna Volodymyrivna.* Forming the pre-service science and math teachers' readiness to use STEM technologies in their professional activities.  
– The qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for Doctor of Philosophy degree in specialty 015 – Professional Education (digital technologies). – Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, 2025.

The dissertation is devoted to the problem of forming the pre-service science and math teachers' (PSMT) readiness to use STEM technologies in their professional activities, which was identified based on contradictions: between the public demand for science and mathematics education and the insufficient level of science and mathematics training of young people in general education; between the potential of educational and professional programs for the training of PSMT and their insufficient focus on the formation of PSMT' readiness to use STEM technologies in their professional activities; between the objective need of society for teachers capable of implementing STEM technologies and the limited understanding of models for forming the readiness of PSMT to use STEM technologies in their professional activities, the lack of developed theoretical and practical support for such formation.

Achieving the research goal is subordinated to the consistent solution of five research objectives.

To solve the first task of the study (to identify the state of development of the problem of training PSMT for the use of STEM technologies in pedagogical theory and practice), theoretical methods of scientific knowledge were used - analysis and generalization of scientific literature and educational and professional programs. In particular, it has been found that the vocational education system faces numerous challenges, which is confirmed by the objects of scientific research of the last five years: comparative analysis of teacher training practices, research on the components of their professional training, the formation of teachers' readiness for a

certain type of professional activity, the use of IT in the training of teachers of various specialties, as well as the competence of teachers. Among the key problems are the insufficient practical orientation of PSMT training, the relevance of developing skills in using IT for learning, and the fragmented perceptions of teachers about the links between disciplines within their training programs. The systematization of the identified problems contributed to the scientists' awareness of ways to solve them, among which the active implementation of STEM education as a field that combines natural sciences, engineering, and mathematics is considered to be the leading one today, which ensures the development of interdisciplinary connections among young people and their skills in using modern technologies.

To solve the second task of the study (to characterize STEM technologies as a key concept of the study), the author uses a terminological analysis, which has established that STEM education is an educational process based on an interdisciplinary approach (integration of natural sciences, technologies, engineering, mathematics and education) and aimed at developing skills for successful solution of practical problems in various scientific fields; STEM technologies is a tool for implementing STEM education is a dual concept that includes: (1) modern technologies for solving problems (scientific equipment and tools, computer technologies and software, engineering tools and materials, mathematical methods and algorithms) and (2) methods for organizing interdisciplinary learning (project method, immersion method, modeling method).

Based on the generalization of STEM education implementation practices, it is proved that the successful use of STEM technologies by future teachers is based on the possession of technological tools and the ability to integrate them into the learning process and is aimed at developing students' critical thinking in independent problem solving and practice-oriented assessment of students through projects and practical work.

The analysis of educational and professional programs (EPPs) for training PSMT to use STEM technologies in their professional activities revealed their limitations in terms of STEM-oriented professional training. In particular, a small

number of EPPs with educational components focused on mastering STEM technologies were found. Additionally, a survey of PSMT in the Sumy region further demonstrated teachers' limited understanding of STEM education in general and the use of STEM technologies in their professional activities in particular. Therefore, taking into account the Concept of Development of Science and Mathematics Education, the paradigm of the New Ukrainian School for interdisciplinary learning, and the existing experience of implementing STEM technologies, which is reproduced in the scientific and pedagogical discourse, the need to improve the EPP of PSMT training to ensure their readiness to use STEM technologies in their professional activities is substantiated.

To solve the third task of the study (to clarify the essence of the concept of "PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities" and determine its structure), the terminological and structural-logical analysis of the leading concepts of the study ("readiness" for various types of teacher's activities) was used, based on which the concept of "PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities" was clarified - it is a personal quality that combines the desire to develop students' skills to solve practical problems using interdisciplinary The structure of this readiness includes four components: personal, knowledge, praxeological and reflective components.

It is substantiated that the formation of PSMT readiness for using STEM technologies in professional activities is a complex process aimed at developing the knowledge, skills, abilities, and personal qualities necessary for organizing the learning process in schools on an interdisciplinary basis using various IT. This process includes theoretical and practical training, allowing future teachers to effectively use interdisciplinary connections to develop students' systematic, critical, and creative thinking, problem-solving, and teamwork skills.

To solve the fourth task of the study (to develop and theoretically substantiate a model for the formation of PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities), the modeling method was used, based on which a model for the formation of PSMT readiness to use STEM technologies in professional

activities was developed and theoretically substantiated. The model is an open integral system of structural (target, organizational and pedagogical, control and evaluation, and result) blocks that are interconnected and interact and are aimed at improving the professional training of teachers to form their readiness to use STEM technologies in professional activities. The model takes into account the methodological principles of training future paramedics (systemic, axiological, competence, activity, and information and digital) and specific principles of learning (the principle of introducing STEM technologies into education, project-based learning, the optimal combination of individual and collective activities, learning through research, critical thinking, and reflection); it reflects the stages (organizational and informational, content and evaluation, and result) during which the formation of readiness took place.

The key to the model's implementation is the author's unique course "STEM Technologies in Teacher's Professional Activity," designed for four credits, which provides for the use of traditional and innovative forms (lectures, consultations, practical classes, independent work, master classes, individual work with information and digital resources), methods (project method, methods of interactive group interaction ("World Cafe," "Method of sketching and writing down ideas," and "Workshop of the Future"), computer simulation method, case method) and teaching aids (electronic educational resources, research tasks, STEM projects).

To fulfill the fifth objective of the study (to experimentally test the effectiveness of the model of PSMT readiness for the use of STEM technologies in professional activities), empirical methods of scientific knowledge were used. A diagnostic apparatus was developed, which made it possible to characterize the formation of readiness components qualitatively. In particular, the criteria of readiness are motivational, cognitive, activity, and evaluation with the corresponding indicators "Motivation for success (in the implementation of STEM)," "STEM awareness," "Comprehensive interdisciplinary knowledge," "Ability to implement STEM," and "Ability to reflect." Their measurement methods for the indicators were selected, allowing them to qualitatively and quantitatively

characterize the levels of PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities: low, medium, and high.

Based on the diagnostic apparatus, it became possible to empirically test the effectiveness of the developed model through a pedagogical experiment that took place during the academic year 2021-2024. Forty-nine people were included in the experimental group (EG), whose students studied according to the author's model. The control group (CG) included 54 people.

Two measurements of the indicators of EG and CG teachers' readiness to use STEM technologies in professional activities were conducted: primary, at the beginning of the experiment (2021), and secondary (2024) to determine the dynamics of readiness levels in CG and EG. The statistical analysis of the results of the pedagogical experiment confirmed the effectiveness of the developed model of PSMT readiness for using STEM technologies in professional activities. The most significant development was in the knowledge component of readiness according to the indicator "STEM awareness" (28.5%). The smallest but statistically significant dynamics were recorded for the indicator "Ability to reflect" of the reflective component of readiness (20.5%). We believe this growth was facilitated by the developed unique course "STEM Technologies in Teacher's Professional Activity" and the chosen forms, methods, and means of teaching.

The scientific novelty of the results is that:

- for the first time, developed, theoretically substantiated, and experimentally tested the effectiveness of the model of formation of PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities;
- characterizes the concept of "STEM technologies";
- clarifies the essence of the concept of "PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities" and reveals its structure in the unity of personal, knowledge, praxeological, and reflective components;
- scientific provisions of the theory and practice of training PSMT to use STEM technologies in professional activities; scientific ideas about the essence,

structure, criteria, and level of PSMT readiness to use STEM technologies in professional activities were further developed.

**Keywords:** pre-service teachers, STEM technologies, science and mathematical disciplines, readiness to use STEM technologies, teacher training, IT, professional education.

## LIST OF AUTHOR'S PUBLICATIONS

### Research works, in which the main scientific results of the thesis are published

#### *Articles in professional scientific journals of Ukraine*

1. Yurchenko K. Zakordonnyi dosvid ta perspektyvy rozvytku STEM-osvity v ukraïnskykh shkolakh. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedahohika. Sotsialna robota*, 2022. Vypusk 1 (50). S. 337-339. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2022.50.337-340>.
2. Khvorostina Yu.V., Yurchenko A.O., Yurchenko K.V. Rol kompiuternoï animatsii na urokakh matematyky pry vyvchenni temy «Pobudova hrafikiv funktsii metodom heometrychnykh peretvoren». *Visnyk nauky ta osvity (Seriiia «Filolohiia», Seriiia «Pedahohika», Seriiia «Sotsiolohiia», Seriiia «Kultura i mystetstvo», Seriiia «Istoriia ta arkheolohiia»)*, 2023. № 1(7). S. 644-659. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1\(7\)-644-659](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-1(7)-644-659).
3. Yurchenko K. V., Semenikhina O. V. STEM-osvita na vidkrytykh osvitnikh platformakh. *Naukovi zapysky. Seriiia: Pedahohichni nauky. Kropyvnytskyi: Tsentralnoukraïnskyi derzhavnyi pedahohichni universytet imeni Volodymyra Vynnychenka*, 2023. Vypusk 208. S. 282-287. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-282-287>.
4. Mulesa P., Yurchenko K. Mathematics teacher training results through the prism of stakeholders opinions. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnolohii*, 2023. № 2 (126). S. 389-938. <https://doi.org/10.24139/2312-5993/2023.02/389-398>.
5. Yurchenko K. Readiness of science & math teachers to apply stem technologies in professional activities according to the cognitive criterion indicators. *Osvita. Innovatyka. Praktyka*, 2024. Vol. 12, No 7. S. 102-108. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i7-015>.

**Articles in a foreign journal**

6. Semenikhina O., Yurchenko K., Shamoniia V., Khvorostina Y., Yurchenko, A. STEM-Education and Features of its Implementation in Ukraine and the World. 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2022 – Proceedings, 2022. Pp. 690-695. <https://doi.org/10.23919/MIPRO55190.2022.9803620>.

7. Yurchenko A., Yurchenko K., Proshkin V., Semenikhina O. World Practices of STEM Education Implementation: Current Problems and Results. *International Journal of Research in E-Learning*, 2022. Vol. 8(2). Pp. 1-20. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2022.8.2.05>.

**Research works, which certify the approbation of the materials of the thesis**

8. Yurchenko K.V. Tekhnolohii STEM ta yikh vykorystannia v osvithnomu protsesi. *Informatsiini tekhnolohii v profesiinii diialnosti* : materialy XIV Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Rivne : RVV RDHU, 2021. S. 188-189.

9. Yurchenko K. Suchasni trendy u pidhotovtsi vchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin. *Naukova diialnist yak shliakh formuvannia profesiinykh kompetentnosti maibutnoho fakhivtsia (NPK-2021)* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 9 hrudnia 2021 r., m. Sumy. Sumy : FOP Tsoma S.P., 2021. S. 180-181.

10. Yurchenko K., Yurchenko A. Zastosuvannia STEM-tekhnologii dlia rozrobky interaktyvnykh flash-dodatkov. *Problemy ta innovatsii v pryrodnycho-matematychnii, tekhnolohichnii i profesiinii osviti*: zbirnyk materialiv KhII-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi onlain-internet konferentsii, m. Kropyvnytskyi, 01 lystopada – 16 lystopada 2021 roku / Vidp. red. M. I. Sadovyi. Kropyvnytskyi: RVV TsDPU im. V. Vynnychenka, 2021. S. 47-48.

11. Yurchenko K. STEM-proieky na urokakh matematyky v ZZSO. *Suchasni naukovo-metodychni problemy matematyky u vyshchii shkoli*: materialy

Vseukrainskoi naukovo-metodychnoi konferentsii, 23 – 24 travnia 2022 r. K.: NUKhT, 2022. S. 130-132.

12. Yurchenko K.V., Yurchenko A.O. Rozrobka vebresursu yak navchalnoho proiektu STEM-osvity. *Informatsiini tekhnolohii i avtomatyzatsiia: Materialy XV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (20-21 zhovtnia 2022 r., Odesa)*, Vydavnytstvo ONTU, 2022 r. S. 129-132.

13. Yurchenko K. V., Yurchenko A. O. Problemne navchannia yak STEM-tekhnoloheia dlia pidvyshchennia navchalno-piznavalnoi diialnosti uchniv ZZSO. The 2nd International scientific and practical conference “*Modern problems of science, education and society*” (April 24-26, 2023) SPC “Sciconf.com.ua”, Kyiv, Ukraine. 2023. pp. 626-628.

14. Yurchenko K.V., Yurchenko A.O. STEM-tekhnoloheia yak instrument pidhotovky maibutnikh vchyteliv matematyky. *Problemy matematychnoi osvity (PMO – 2023): materialy mizhnarodnoi naukovo-metodychnoi konferentsii*, m. Cherkasy, 6-7 kvitnia 2023 r. Cherkasy: Vyd. vid. ChNU im. B. Khmelnytskoho, 2023. S. 220-221.

15. Yurchenko K. Vidkryti osvitni resursy v STEM-osviti. *Aktualni aspekty rozvytku STEAM-osvity v umovakh yevrointehratsii*: zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (m. Kropyvnytskyi, 21 kvitnia 2023 roku). Kropyvnytskyi : DonDUVS, 2023. S. 311-312.

16. Yurchenko K. V., Yurchenko A. O. Ohliad poniattia STEM-osvity u naukovii literaturi. *Vektory rozvytku nauky, osvity, tekhnolohii i suspilstva v umovakh hlobalizatsii*: zbirnyk tez dopovidei mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Poltava, 19 zhovtnia 2023 r.): u 2 ch. Poltava: TsFEND, 2023. Ch. 1. S.36-37.

17. Yurchenko K. Hotovnist uchyteliv do zastosuvannia STEM-tekhnoloheii u svoii profesiinii diialnosti. *Naukova diialnist yak shliakh formuvannia profesiinykh kompetentnosti maibutnoho fakhivtsia (NPK-2023)* : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 7-8 hrudnia 2023 r., m. Sumy, Ukraina. Sumy : SumDPU im. A. S. Makarenka, 2023. S. 71-72.

18. Yurchenko K. Tsyfrovi tekhnolohii u rozvytku matematychnoi hramotnosti uchniv. *Akademichna kultura doslidnyka v osvithomu prostori: yevropeyskyi ta natsionalnyi dosvid*: zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (m. Sumy, 17-18 travnia 2024 roku) / za red. O. M. Semenoh. Sumy : Vydavnytstvo SumDPU imeni A. Makarenka, 2024. S. 183-185.

19. Yurchenko K. V., Yurchenko A. O. Pryntsypy realizatsii systemy pidhotovky maibutnikh uchyteliv do zastosuvannia STEM tekhnolohii u profesiinii diialnosti. *Informatsiini tekhnolohii v sotsiokulturnii sferi, osviti ta ekonomitsi* : materialy IIIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv i molodykh uchenykh. / M-vo osvity i nauky Ukrainy; Kyiv. nats. un-t kultury i mystetstv. Kyiv : Vydavnychiy tsentr KNUKiM, 2024. S.143-145.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>24</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>25</b>
<b>Розділ 1. ПРОБЛЕМА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM У ПЕДАГОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ .....</b>	<b>33</b>
<b>1.1. Актуальні проблеми підготовки вчителів природничо- математичних дисциплін.....</b>	<b>33</b>
<b>1.2. Технології STEM та аналіз наявних практик їх використання .</b>	<b>46</b>
<b>1.3. Практичний стан розробленості проблеми підготовки вчителів до застосування STEM-технологій .....</b>	<b>65</b>
<b>Висновки до розділу 1.....</b>	<b>78</b>
<b>Розділ 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....</b>	<b>81</b>
<b>2.1. Сутність і структура готовності майбутніх учителів природничо- математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності.....</b>	<b>81</b>
<b>2.2. Методологічні підходи до формування готовності майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності.....</b>	<b>98</b>
<b>2.3. Модель формування готовності майбутніх учителів природничо- математичних дисциплін до застосування технологій STEM у професійній діяльності.....</b>	<b>118</b>
<b>Висновки до розділу 2.....</b>	<b>158</b>

<b>Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ STEM У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ.....</b>	<b>161</b>
<b>3.1. Діагностичний апарат дослідження .....</b>	<b>161</b>
<b>3.2. Опис етапів педагогічного експерименту .....</b>	<b>172</b>
<b>3.3. Статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту ...</b>	<b>179</b>
<b>Висновки до розділу 3.....</b>	<b>202</b>
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>205</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>209</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>255</b>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

**STEM** – Science, Technology, Engineering, Mathematics

**ВПМД** – вчителі природничо-математичних дисциплін

**ЕОР** – електронні освітні ресурси

**ЗВО** – заклади вищої освіти

**ЗЗСО** – заклади загальної середньої освіти

**ІКТ** – інформаційно-комунікаційні технології

**ІТ** – інформаційні технології

**НДЗ** – науково-дослідні завдання

**ОПП** – освітньо-професійна програма

**ПЗ** – програмне забезпечення