

КЛАСИЧНИЙ ПРИВАТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ВАЛЬКО НАТАЛІЯ ВАЛЕРІЇВНА

УДК 378:37.011.3-051:5:004.9

**СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН
ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ
У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ**

13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Запоріжжя – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Херсонському державному університеті, м. Херсон.

Науковий консультант – доктор педагогічних наук, професор
ОСАДЧИЙ Вячеслав Володимирович,
Мелітопольський державний педагогічний
університет імені Богдана Хмельницького,
м. Мелітополь,
завідувач кафедри інформатики і кібернетики.

Офіційні опоненти: доктор педагогічних наук, професор
ПЕТРУК Віра Андріївна,
Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця,
професор кафедри вищої математики;

доктор педагогічних наук, професор
ІВАНИЦЬКИЙ Олександр Іванович,
Запорізький національний університет,
м. Запоріжжя,
професор кафедри загальної математики;

доктор педагогічних наук, доцент
БИРКА Маріан Філаретович,
Інститут післядипломної педагогічної освіти
Чернівецької області, м. Чернівці,
професор кафедри педагогіки,
психології та теорії управління освітою.

Захист дисертації відбудеться «20» жовтня 2020 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 17.127.04 у Класичному приватному університеті за адресою: 69002, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 70б, ауд. 222.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Класичного приватного університету за адресою: 69002, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 70б, ауд. 114.

Автореферат розісланий «20» вересня 2020 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



І. І. Облес

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Сучасні цивілізаційні процеси в Україні та світі демонструють різке посилення впливу інформаційного й технологічного чинників у суспільних відносинах. При цьому їх роль, абстрактна та футуристична ще на початку XXI ст., нині поступово починає зростати майже в кожній суспільній і виробничій галузі, зокрема в освіті. Саме тут спостерігаємо швидку модернізацію та оновлення процесуальних і цільових орієнтирів педагогічного впливу, частиною яких є STEM технології – унікальний освітній феномен, який формально інтегрує глобальні досягнення в сучасній науці (S – Science), технологіях (T – Technology), інженерії (E – Engineering) та математиці (M – Mathematic).

Ця тенденція вже є симптоматичною в багатьох розвинених країнах, де у вищій, загальній та професійній школах набуває популярності застосування досягнень у галузях робототехніки, нанотехнологій, біоінженерії й штучного інтелекту, які, зрештою, визначають якість професійної та загальної освіти нового покоління громадян, здатних до успішного життя в інноваційному суспільстві.

В Україні зазначені процеси мають свою історію перемог та поразок, що пов'язано, зокрема, із суттєвими коливаннями якості професійної діяльності вчителів природничо-математичних дисциплін. Саме вона останнім часом стає умовою конкурентоспроможності держави в боротьбі за економічні позиції в Європі та світі, відтак використання STEM технологій у шкільному педагогічному процесі може стати чинником відродження особистого інтересу учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) до технологічних інновацій тощо.

Наведені аргументи свідчать на користь необхідності посилення професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з орієнтацією на формування в них готовності до застосування сучасних технологічних рішень STEM-освіти в освітньому процесі ЗЗСО, а також якнайширшого розкриття для учнів потенціалу професій інженерно-технологічного спрямування як професій майбутнього.

Для такого посилення є всі нормативно-правові та теоретико-методичні потенції. Так, низка законів України («Про освіту», «Про загальну середню освіту», «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні»; Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 р. тощо) своїм змістом розширює простір академічної свободи закладів вищої та загальної середньої освіти, можливості поєднання різних форм і методів навчання, стимулювання найбільш повної самореалізації учасників педагогічних процесів на засадах вільного вибору освітніх програм або інших аспектів навчання.

Концептуальні проблеми розвитку педагогічної освіти розглядали С. Гончаренко, М. Євтух, М. Жалдак, В. Кремень, І. Лікарчук, В. Луговий, Н. Ничкало, Н. Падун, Ю. Поліщук, О. Щербак та ін. Питанням підготовки майбутніх учителів присвятили свої публікації О. Гуменний, М. Жалдак, Ю. Завалевський, Т. Койчева, Л. Петухова, Ю. Плиска, О. Повідайчик,

В. Прошкін, Ю. Рамський, М. Рафальська, О. Солодухова, Г. Тарасенко, О. Хомік, Т. Яценко, Т. Яцула та ін. Підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, зокрема засобами інформаційних технологій, в Україні досліджували В. Биков, М. Бирка, О. Войтович, О. Гриб'юк, А. Гуржій, Т. Деркач, О. Колгатін, О. Лаврентьєва, Т. Підгорна, М. Пісоцька, Г. Поволяко, В. Романенко, О. Співаковський, О. Ткаченко, Ю. Триус, І. Фурса та ін.; інноваційні технології навчання – Н. Дубова, І. Зязюн, О. Кобернік, С. Ніколаєнко, О. Притула, В. Стрельников та ін.; зміст підготовки майбутнього вчителя до організації проєктної діяльності – Н. Брюханов, Ю. Веселова, М. Елькін, Е. Кручай, Є. Литвиновський, Ю. Фільчакова, Т. Яковенко та ін.; окремі аспекти формування проєктувальних умінь – І. Дмитрик, Г. Кіт, Є. Кузьміна та ін.

Різні аспекти впровадження STEM технологій у закладах освіти розкрили українські вчені: О. Барна, О. Бутурліна, Д. Васильєва, О. Воронкін, Н. Гончарова, О. Дзюба, В. Жукова, С. Кириленко, О. Кузьменко, О. Лозова, Н. Морзе, Н. Поліхун, І. Сліпухіна, В. Хмуренко та ін.

Отже, педагогічна проблема підготовки майбутніх учителів представлена в науковій літературі, проте вона набуває нового якісного звучання у зв'язку з викликами інформаційного суспільства, такими як: швидкий вплив технологій на всі сфери життя сучасної людини; підвищення рівня вимог суспільства до технологічної обізнаності кожної людини, незалежно від її професії; затребуваність на ринку праці фахівців технічного та інженерного напрямів; зміна освітніх потреб покоління сьогоденних учнів, які можна було б вирішити шляхом інтеграції STEM технологій в освітній процес ЗЗСО.

Незважаючи на значний інтерес науковців до професійної підготовки майбутніх учителів загалом, проблема підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій як у теоретичному, так і в практичному аспекті є недостатньо дослідженою, що виявляється у відсутності єдиного розуміння сутності цього процесу, теоретично визначеної та методологічно обґрунтованої моделі, розробленої й експериментально апробованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Актуальність вирішення окресленої проблеми посилюється й загостренням низки суперечностей, що характеризують сучасну вищу освіту в Україні, зокрема:

- між суспільними вимогами до насичення освітнього процесу сучасним технологіями й неготовністю системи освіти до швидкої корекції ціннісних орієнтирів пересічного викладача на їх використання;

- між фрагментарністю й відокремленістю вивчення окремих дисциплін у професійній підготовці майбутнього вчителя та цілісністю й інтегрованістю наукового пізнання через практику STEM-освіти;

- між необхідністю вивчення й урахування індивідуальних особливостей і вподобань здобувачів природничо-математичної освіти та традиційно деперсоналізованими методами, формами й засобами їх навчання;

- між загальною світовою тенденцією гендерного вирівнювання впливу жінок і чоловіків у сфері техніки й технології та надто повільним наслідуюванням

цього процесу в системі вищої освіти України, де професію вчителя обирають здебільшого дівчата, а розробниками технологій та оригінальних інженерних рішень є переважно хлопці.

Недостатнє теоретичне й практичне опрацювання окресленої проблеми, її соціальна важливість, а також наявність низки суперечностей у сучасній вищій освіті зумовили вибір теми дисертації: *«Система підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності»*.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана в межах науково-дослідних тем Херсонського державного університету: «Організація науково-дослідної діяльності засобами STEM технологій у освітньому процесі» (державний реєстраційний номер 0120U101870) та «Інноваційні освітні технології навчання фізики та астрономії у закладах освіти різних рівнів» (державний реєстраційний номер 0119U101144), одним з виконавців яких є здобувачка.

Тема дисертації затверджена вченою радою Херсонського державного університету (протокол № 2 від 26.10.2015), рішенням бюро Міжвідомчої ради з координації досліджень у галузі освіти, педагогіки і психології (протокол № 1 від 26.01.2016) та уточнена вченою радою Херсонського державного університету (протокол № 5 від 25.11.2019).

Мета й завдання дослідження. *Метою дослідження є наукове обґрунтування, розробка та експериментальне підтвердження ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.*

Для досягнення цієї мети поставлено такі *завдання*:

1) проаналізувати стан дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у педагогічній теорії та практичній діяльності закладів вищої освіти в Україні й за кордоном;

2) визначити теоретико-методологічні засади вирішення проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

3) обґрунтувати концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

4) розробити модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

5) визначити й обґрунтувати організаційно-педагогічні умови реалізації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

6) експериментально перевірити ефективність запропонованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Об'єкт дослідження – професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – теоретичні й методичні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності в ЗЗСО.

Гіпотеза дослідження базується на припущенні про те, що професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності є ефективною за умови теоретико-методологічного її обґрунтування на основі системного, синергетичного, особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного підходів; сукупності визначених принципів, концепції, моделі й організаційно-методичних засад (зміст, форми, методи, технології, засоби, умови) професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Загальна гіпотеза доповнена частковими: професійна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій набуває ефективності за таких умов:

- реалізація авторської концепції підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

- формування під час професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх ціннісних орієнтацій, пов'язаних з упровадженням STEM технологій у практику ЗЗСО, що зумовлено відповідним оновленням змісту професійної підготовки;

- спрямування змісту, форм, методів, засобів та технологій підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін на формування їх готовності до застосування STEM технологій у професійній діяльності з урахуванням визначених критеріїв і показників;

- підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, що ґрунтується на активному використанні діяльності, спрямованої на реалізацію STEM-проектів, пов'язаних із робототехнікою; забезпеченні в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі, а також на використанні різноманітного комплексно-методичного забезпечення із залученням STEM технологій у ЗЗСО.

Методологія дослідження розкрита на філософському, загальнонауковому та конкретно-науковому рівнях. Філософський рівень представлений загальними положеннями теорії пізнання, сучасною формою діалектичного методу й універсальними методологічними принципами (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії та практики); загальнонауковий – логічними прийомами пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія й формалізація) та системним і синергетичним підходами; конкретно-науковий – особистісно орієнтованим, компетентнісним та культурологічним підходами.

Концепція дослідження. Провідна ідея дослідження полягає в необхідності організації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на засадах теорії поколінь,

пріоритетності проєктних та проблемно зорієнтованих методів навчання, пов'язаних з освітньою робототехнікою, а також забезпечення їх соціальної взаємодії в професійному середовищі,

Концепція дослідження інтегрує три взаємопов'язані концепти, що забезпечують реалізацію провідної ідеї: методологічний, теоретичний і технологічний.

Методологічний концепт відображає взаємозв'язок і взаємовплив різних підходів до розгляду проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, а саме системного, синергетичного, особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного. Цей концепт враховує теоретичні основи, визначену сукупність з дванадцяти принципів, а також авторське бачення сутності досліджуваного педагогічного процесу.

Теоретичний концепт містить визначення базових понять та понятійних конструктів, які використані в дисертації. Зокрема, поняття «система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій» визначено як множину підпорядкованих і взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети – забезпечення ефективною підготовкою майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності; поняття «підготовка» – як процес формування й розвитку знань, умінь, навичок, ціннісних орієнтацій та особистісних якостей майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, що необхідні їм для застосування STEM технологій у професійній діяльності, а її результатом є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього; поняття «STEM технології» – як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними та науково-дослідними знаннями й уміннями, а також формування в них цінностей, важливих для STEM-освіти.

Технологічний концепт відображає організаційно-педагогічні засади реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, основні етапи та умови її впровадження.

Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає активне використання проєктної та науково-дослідної діяльності студентів, що спрямована на реалізацію ними різноманітних STEM-проєктів (особливо проєктів з освітньої робототехніки) і забезпечення в ході професійної підготовки соціальної взаємодії в професійному середовищі (STEM-школі). Процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності здійснюється в ході реалізації п'яти послідовних етапів: початкового, ознайомлювального, квазіпрофесійного, професійно-практичного та підсумкового; кожен з них має власну мету й завдання. Оцінювання рівня готовності майбутнього вчителя природничо-

математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності відбувається за допомогою авторських опитувальників та різноманітних діагностичних засобів, адаптованих для дослідження.

У ході виконання дисертації застосовано низку як загальнонаукових, так і спеціальних методів:

– *теоретичні*: історичний та порівняльний аналіз фундаментальних і практичних праць – для виявлення проблем та суперечностей у системі підготовки майбутніх учителів, нормативних документів (стандартів, навчальних та освітніх програм), чинного законодавства, навчально-методичних і наукових праць – для встановлення норм та вимог до підготовки майбутніх учителів; аналіз зарубіжного й українського досвіду підготовки майбутніх учителів – для з'ясування основних понять і категорій STEM-освіти, а також визначення провідних методик застосування STEM технологій; аналіз методів організації й здійснення навчально-пізнавальної діяльності та методів стимулювання й мотивації їх навчання – для виявлення ефективних форм, методів і засобів застосування STEM технологій; концептуально-порівняльний аналіз – для зіставлення традиційних і STEM-орієнтованих підходів, навчальних планів і програм, психолого-педагогічної та науково-методичної літератури, матеріалів науково-практичних конференцій із проблеми дослідження, новаторського педагогічного досвіду; розробки концепції системи підготовки майбутніх учителів; виокремлення закономірностей і формулювання висновків із досліджуваної проблеми; структурно-системний аналіз і синтез – для побудови теоретичної моделі підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій;

– *емпіричні*: експеримент, фіксація та порівняння експериментальних даних, емпіричний опис, складання діаграм, порівняльних таблиць та таблиць експериментальних даних, опитування (анкетування, тестування), діагностичний зріз, обсерваційні методи (пряме, опосередковане, включене спостереження) – для дослідження діяльності осередків STEM-освіти;

– *статистичні методи*: критерій Пірсона, критерій Фішера, метод середніх величин – для визначення статистичної значущості отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому:

– *уперше обґрунтовано* теоретичні й методичні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій у професійній діяльності в ЗЗСО, змістовою основою якої виступає авторська концепція, модель та сукупність організаційно-методичних засад фахової освіти, реалізація яких відбувається в контрольованому багатоетапному педагогічному процесі закладу вищої освіти;

– *теоретично обґрунтовано* зміст та розроблено модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка інтегрує у своєму складі *проективно-цільову підсистему*, що утворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією, сукупністю принципів, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя; *організаційно-діяльнісну підсистему*, що відображає основні етапи, їх завдання й організаційно-

педагогічні умови, в яких необхідно реалізувати досліджуваний процес; *аналітично-результативну підсистему*, що відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки;

– *визначено* дванадцять принципів (персоналізації, свідомої пізнавальної діяльності, самоорганізації, формування ціннісних орієнтацій, співробітництва й наставництва, діалогічності, інтегративності (інтеграції), трансдисциплінарності, зв'язку навчання із життям, значущості результатів навчання для особистості, зворотного зв'язку та постійного контролю), дотримання яких забезпечить ефективність професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій;

– за допомогою критерію χ^2 (хі-квадрат) К. Пірсона та критерію Фішера *доведено* ефективність авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

– *уточнено й конкретизовано* базові поняття дослідження («система», «педагогічна система», «підготовка», «готовність», «STEM», «STEM-освіта», «STEM технології» та «STEM-дисципліни»); критерії, показники й характеристику рівнів готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

– *удосконалено* освітні програми підготовки й навчально-методичні комплекси професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, навчальні програми інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування для педагогічних спеціальностей тощо;

– *набули подальшого розвитку* теоретичні положення щодо вдосконалення змісту, форм, методів та умов професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у системі вищої освіти.

Практичне значення одержаних результатів полягає в такому:

– *вдосконалено й оновлено* мету та зміст інтегративних курсів педагогічного й професійного спрямування шляхом *введення окремих тем у робочі програми дисциплін*, таких як «Інформаційні технології», «Методика інформатики», «Основи наукових досліджень», «Вибрані питання програмування» тощо, у системі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій;

– *розроблено та введено* в освітні програми підготовки *дисципліну* «Основи робототехнічних систем» для освітнього рівня «магістр» та *дисципліну за вибором* для вчительських спеціальностей освітнього рівня «бакалавр» «STEM-освіта і робототехніка»;

– *створено дистанційні курси* для майбутніх учителів та вчителів, які вже працюють, «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Основи робототехнічних систем» на платформі дистанційного навчання Moodle;

– *створено навчально-методичні комплекси* зазначених дисциплін на основі дослідження програмних, хмарних та апаратних дидактичних можливостей застосування робототехнічних систем як засобів навчання майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін; *розроблено рекомендації* щодо вибору

технічного й програмного забезпечення STEM-освіти для підготовки майбутніх учителів на основі порівняльного аналізу;

– *створено модулі дисциплін* з реалізації інтегрованих проєктів з використанням робототехніки в курсі шкільних навчальних програм з метою підготовки майбутніх учителів до застосування STEM технологій;

– *розроблено навчальний посібник* «Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни».

Результати дослідження можуть бути використані для розробки гнучких та варіативних робочих навчальних планів і програм дисциплін, лекційних курсів, семінарських занять та практикумів, курсів за вибором, спецкурсів у закладах вищої освіти, які готують майбутніх учителів і можуть доповнити зміст навчальних дисциплін. Основні положення, результати й висновки дисертації можна використовувати для розробки положень та стандартів викладання STEM-дисциплін. Матеріали дослідження доцільно використовувати в підготовці вчителів за різними освітньо-кваліфікаційними рівнями й у системі післядипломної освіти.

Результати дослідження впроваджено в світній процес закладів вищої освіти: Херсонського державного університету (довідка від 06.03.2020 № 15-30/334), Мелітопольського державного педагогічного університету (довідка від 21.02.2020 № 01-28/423), Бердянського державного педагогічного університету (довідка від 24.02.2020 № 57-39/266), Харківського національного педагогічного університету ім. Г. С. Сковороди (довідка від 25.02.2020 № 01/10-176), Державного закладу «Луганський національний університет ім. Т. Шевченка» (довідка від 21.02.2020), Вінницького державного педагогічного університету (довідка від 24.02.2020 № 06/11), Класичного приватного університету (довідка від 24.02.2020 № 110).

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, розробки, висновки й рекомендації, які винесено на захист, одержано здобувачем самостійно та розкрито в наукових працях. Внесок автора в працях, опублікованих у співавторстві, конкретизовано в списку публікацій.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук на тему «Ймовірнісні моделі методу барицентричного усереднення граничних потенціалів» була захищена у 2005 р. Матеріали та результати кандидатської дисертації в тексті докторської не використано.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дослідження обговорювались на наукових конференціях:

– *міжнародних*: International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer (м. Херсон 2013 р.; м. Київ 2016, 2017, 2018 рр.; м. Херсон, 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету» (м. Київ, 2016 р.); XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (м. Херсон, 2017, 2019 рр.); V Міжнародна наукова конференція «Цифрова освіта в природничих університетах» (м. Київ, 2018 р.); IV Міжнародна конференція з адаптивних технологій управління навчанням ATL (м. Одеса,

2018 р.); IV Міжнародна науково-практична конференція «STEM-освіта: стан упровадження та перспективи розвитку» (м. Київ, 2018 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми математичної освіти» (м. Черкаси, 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Передові освітні практики: Україна, Європа, Світ» (м. Київ, 2019 р.); VI Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та взаємодії» (м. Київ, 2019 р.); «Cloud Technologies in Education» (м. Кривий Ріг, 2019 р.); The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (м. Кривий Ріг, 2020 р.); The International Conference on History, Theory and Methodology of Learning (м. Кривий Ріг, 2020 р.);

– *всеукраїнських*: науково-практична вебконференція з міжнародною участю «STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти» (м. Херсон, 2016, 2018 рр.).

Публікації. Основні результати дослідження викладено в 41 праці, з них: 1 – монографія, 1 – навчальний посібник, 9 – статті у виданнях, індексованих у Scopus і WoS, 12 – статті в наукових фахових виданнях України, 1 – стаття в зарубіжному виданні, 17 – публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (481 найменування, з них 151 – іноземними мовами), додатків. Основний текст дисертації становить 390 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дослідження; вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено мету та завдання, об'єкт і предмет, методи дослідження; викладено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів; подано відомості про апробацію результатів дослідження.

У **першому розділі** – *«Підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій як проблема педагогічної теорії та практичної діяльності системи освіти України»* – сформульовано й уточнено базові поняття дослідження; здійснено аналіз сучасних викликів системі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін; встановлено сучасний стан практичної організації підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій.

Базовими поняттями та понятійними конструктами, важливими для дослідження, визначено такі: «система», «педагогічна система», «підготовка», «готовність», «STEM», «STEM-освіта», «STEM технології» та «STEM-дисципліни». Так, *поняття «система»* визначено як складну цілісно організовану структуру, яка об'єднує сукупність та порядок окремих функціональних частин, які розміщені відповідно до свого призначення. Водночас система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій як педагогічна система – це множина підпорядкованих і

взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. При цьому система є динамічною, процесуальною та забезпечує створення оптимальних організаційно-педагогічних умов для формування відповідної готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у процесі професійної підготовки. *Поняття «підготовка»* визначено як процес формування та розвитку знань, умінь, навичок, ціннісних орієнтацій та особистісних якостей, що необхідні для застосування STEM технологій у професійній діяльності, результатом якої є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього; *поняття «STEM»* – як навчальну програму, яка використовує зазначені в назві навчальні дисципліни; *поняття «STEM-освіта»* – як освітню діяльність суб'єктів педагогічного процесу в галузі природничо-математичних дисциплін, спрямовану на формування або вдосконалення в тих, хто навчається, відповідних компетентностей; *поняття «STEM технології»* – як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними та науково-дослідними знаннями й умінями, а також формування в них цінностей STEM-освіти; *поняття «STEM-дисципліни»* – як інтегровану сукупність навчальних дисциплін, що сприяють опануванню природничо-математичних наук, формують і розвивають у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (математики, інформатики, фізики (астрономії), хімії, біології, трудового навчання (креслення)) знання й уміння (компетентності) з технологій та інженерії.

Аргументовано, що сучасна система професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін протистоїть певним викликам, серед яких найважливішими є такі: реформування системи освіти, зміна особистісних характеристик здобувачів освіти, а також актуалізація гендерного питання у STEM-освіті. Так, *реформування системи загальної середньої освіти* спрямоване на використання компетентностей для оцінювання результатів навчання здобувачів освіти. Важливою також є поява експериментальних програм з природничих дисциплін та інтегрованого курсу «Природничі науки». При цьому для кожного рівня навчання існує своя мета STEM-освіти. Не менш важливим є те, що, відповідно до теорії поколінь, сучасні здобувачі освіти є *представниками покоління Z*. Відтак, для забезпечення ефективності освітнього процесу та професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно врахувати особистісні характеристики та цінності сучасного покоління здобувачів освіти як покоління Z, серед яких: зацікавленість у технологіях, можливість вибору, відкритість, незалежність, громадянський обов'язок і мораль, негайна винагорода тощо. Разом з тим, у контексті впровадження STEM-освіти в Україні актуалізується *проблема гендерної нерівності*, що створює певну суперечність під час вибору професії майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, оскільки: з одного боку, існує упереджена думка, що техніка та технології – це галузі для хлопців, з

іншого – спеціальність учителя обирають переважно дівчата. Визначено, що вирішення цієї проблеми можливе шляхом залучення дівчат до різноманітних заходів у сфері STEM-освіти та їх мотивації до зайнятості в цій галузі.

Результати дослідження стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій в аспектах впливу мотивації на вибір спеціальності; аналізу сучасних освітніх програм підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, практичного досвіду впровадження STEM-освіти в Україні, а також стану готовності учителів, які вже працюють, до впровадження STEM-освіти засвідчили *високу задоволеність* здобувачів освіти обраною професією. При цьому здобувачів освіти з достатньо високим мотиваційним комплексом цікавить обрана професія, але є й бажання отримання зовнішніх винагород. Аналіз програм професійної підготовки вчителів природничих наук в окремих закладах вищої освіти засвідчив наявність у кожній освітній програмі окремих STEM-дисциплін, що інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки. Аналогічні дисципліни є й у освітніх програмах підготовки майбутніх учителів фізики, математики, інформатики, біології. Проте, *системної підготовки* майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій *не ведеться*.

Аналіз сучасного стану практичного впровадження STEM-освіти в Україні засвідчив наявність низки ініціативних груп влади, науковців і вчителів, які розробляють окремі напрями STEM-освіти та популяризують її серед учнівської молоді. Значну увагу приділено використанню робототехніки як складової STEM-освіти, проте підготовка вчителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій є ситуативною та епізодичною.

Проведене опитування вчителів природничо-математичних дисциплін виявило їх низький рівень обізнаності щодо STEM-освіти, а також недостатнє розуміння основних принципів її реалізації та використання STEM технологій. Частина вчителів готові самостійно організовувати діяльність учнів у STEM-освіті, але частіше вони хочуть бути пасивними учасниками заходів, присвячених питанням STEM-освіти, а не їх організаторами.

У **другому розділі** – «*Зарубіжний досвід упровадження STEM-освіти*» – проаналізовано зарубіжний досвід упровадження STEM-освіти; розкрито стан реалізації STEM-освіти у Європейському Союзі; надано характеристику впровадження STEM-освіти в США, Канаді та Австралії; визначено особливості STEM-освіти в країнах Сходу й Південно-Східної Азії (Китай, Південна Корея, Сінгапур, Тайвань, Японія).

Встановлено, що концепція STEM-освіти в більшості *європейських країн* набуває власного наповнення: у Норвегії, Швеції, Естонії та деяких інших країнах визначено групу предметів MST (mathematics, sciences and technology), у Німеччині – MINT (mathematics, information technology, natural sciences and technology), у Великобританії – STEM (science, technology, engineering, and mathematics), в Австрії – IMST (Innovations in Mathematics, Science and Technology). В Європі STEM-освіту підтримують на рівні держави, що сприяє швидшому поширенню освітніх практик, проте її впровадження зумовлено цілями

та стратегіями, визначеними в кожній країні. Перспективним концептом європейського досвіду є співпраця між майбутніми вчителями й тими, які вже працюють, у впровадженні STEM-освіти.

Детерміновано, що впровадження STEM-освіти в *США* відбувається на засадах стандартизації діяльності всіх учасників освітнього процесу. Проте ці стандарти були сформовані професійною спільнотою «Вчителі для вчителів». Винятково важливими чинниками, що забезпечують ефективність цього процесу, є широка підтримка з боку держави та популяризація STEM-освіти серед молоді.

Визначено, що для *Канади* характерна нова класифікація освітніх спеціальностей, яка інтегрує концепції STEM і BHASE (також називають не-STEM), що включає бізнес, охорону здоров'я, мистецтво, соціальні науки та освіту. У галузі STEM-освіти в кожній із провінцій Канади наявні різноманітні програми та діють різноманітні проекти, які забезпечують упровадження STEM-освіти. Цікавим є канадський досвід федеральної підтримки досліджень у галузі STEM-освіти шляхом проведення конкурсів серед академічних установ.

Упровадження STEM-освіти в *Австралії* відбувається відповідно до затвердженої у 2013 р. урядом стратегії оновлення освіти країни, а у 2015 р. була прийнята національна стратегія розвитку STEM-освіти в школі. Нині відбувається розробка галузевої програми STEM-освіти, що відповідає третьому кроку визначеної стратегії. Різноманітні ініціативи в STEM-галузі в Австралії відбуваються завдяки Національній програмі інновацій та науки, а також волонтерській програмі «STEM-професіонали в школі». Університети країни безпосередню беруть участь у впровадженні STEM-освіти в школі, зокрема проводять безкоштовне підвищення кваліфікації вчителів, професійні навчальні семінари для вчителів шкіл усієї країни.

Визначено, що STEM-освіту в *країнах Сходу та Південно-Східної Азії* впроваджують досить активно, але при цьому вона набуває різного змістового наповнення.

Так, STEM-освіта в *Китаї* спрямована на фундаментальну природничо-математичну підготовку здобувачів освіти та оволодіння ними основними концепціями з біології, хімії, фізики, а також алгебри й геометрії, що утворюють «мета-дисципліну». З 2017 р. впроваджено програму початкової школи STEM-освіти, підготовлено серію навчальних матеріалів та навчальних посібників для початкової школи. При цьому для реалізації STEM-освіти частина шкіл використовує проєктне навчання (project-based learning – PBL), проте не всі вчителі були готові до цього. Тому в Китаї проводили різноманітні тренінгові семінари й групи партнерства, увагу зосереджували на галузі STEM-освіти. Китай також здійснює міжнародну співпрацю з іноземними закладами вищої освіти.

У *Південній Кореї* основною освітньою політикою держави стала концепція STEAM. Провідною організацією, що забезпечує державну підтримку програм наукової освіти, а також проводить різні заходи для популяризації STEAM-галузі, є Корейський фонд сприяння розвитку науки й творчості. Для створення нових навчальних планів STEAM-галузі та їх упровадження було утворено робочі дослідницькі групи, до яких входили й учителі, а також започатковано проєкт

«STEAM Leader School». Для підвищення кваліфікації вчителів запроваджено програму, яка надала змогу зменшити навчальне навантаження досвідченим учителям зі стажем понад 15 років і підвищити їм зарплату за виконання наставницької ролі для молодих учителів, а також надання їм допомоги в навчанні та дослідженнях STEAM-галузі.

У *Сінгапурі* STEM-освіті приділяють багато уваги. Учителі природничо-математичних дисциплін здобувають освіту, пов'язану зі STEM-галуззю в Національному інституті освіти (National Institute of Education). Для підтримки та розвитку STEM-напряму в Сінгапурі з 1980 р. існує науковий парк-центр для просвітницької діяльності та підтримки STEM. Також створено Агентство з науки, техніки та досліджень, яке слугує інкубатором для високотехнологічного виробництва. У 2007 р. розроблено та впроваджено нову модель підготовки вчителів TE21 (Teacher Education) – до подальшого впровадження STEM-освіти в Сінгапурі.

STEM-освіта в *Тайвані* є більш інтегрованою, ніж у Китаї. Реформи освіти в STEM-напрямі зосереджені на трьох аспектах: навчальний план, оцінювання навчальних досягнень та підготовка вчителів. Підготовка вчителів у Тайвані включає в себе загальну й предметну підготовку, а також стажування, перед яким учителі повинні пройти кваліфікаційні випробування.

Упровадження STEM-освіти в *Японії* спрямовано на побудову суспільства 5.0. У більшості нормативних документів, які стосуються STEM-галузі, ідеться про концепт STI (science, technology and innovation), що інтегрує науку, технології та інновації. За впровадженням STI-освіти відповідає Японське науково-технічне агентство (Japanese Science and Technology Agency), яким створено навчальні центри для вчителів базових дисциплін (Training Centers for Core Science Teachers). У цих центрах ведуть підготовку як майбутніх, так і вчителів, які вже працюють, більшість з них – учителі молодшої та середньої школи, які в подальшому поширюють отримані знання у формі лекцій, семінарів, організують обмін досвідом, ідеями, порадами з колегами тощо. Усе це має забезпечити досягнення цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals).

У **третьому розділі** – *«Методологічні та концептуальні засади розробки системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій»* – визначено методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на трьох рівнях методології; представлено концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; визначено та охарактеризовано сукупність принципів ефективного функціонування системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Визначено, що вихідні методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій сформульовано на трьох рівнях методології: філософському, загальнонауковому та конкретно-науковому. На *філософському рівні* методологія дослідження представлена загальними положеннями теорії

пізнання, сучасною формою діалектичного методу та універсальними методологічними принципами (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії і практики).

На *загальнонауковому рівні* методологія дослідження залучає логічні прийоми пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія та формалізація), а також системний і синергетичний підходи. Так, розгляд процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності з позицій *системного підходу* зумовлює необхідність урахування всіх ознак, які притаманні будь-якій системі, а саме: цілісність, структурність, взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, ієрархічність, цілеспрямованість, самоорганізація та багатоваріантність опису. Разом з тим, оскільки зазначений процес є нелінійною системою, дослідження його структури не може обмежуватися вивченням лише окремих складових (елементів), а потребує врахування особливостей і загальних закономірностей функціонування досліджуваного процесу в цілому. Крім цього, необхідно визначити: основні структурні складові (підсистеми) системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності та їх елементи; супідрядність, ієрархію, цілісність і взаємодію структурних складових (підсистем); особливості її функціонування; фактори, що впливають на відповідний процес. Використання *синергетичного підходу* в дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень: система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відкритою й володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; процес професійної підготовки можна спрямувати шляхом слабких впливів на підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, але при цьому враховуючи його самокерованість і самоорганізацію; кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін також володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; майбутній учитель природничо-математичних дисциплін – складна відкрита система, що саморегулюється.

На *конкретно-науковому рівні* методологія дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності представлена *особистісно орієнтованим, компетентнісним та культурологічним* підходами. Так, використання *особистісно орієнтованого підходу* в дослідженні передбачає реалізацію таких положень: якнайповніше врахувати індивідуальні особливості (творчий потенціал, освітні можливості, здібності) кожного здобувача вищої освіти; формувати в майбутніх учителів почуття толерантності й емпатійності як критично важливих для майбутньої професійної діяльності; забезпечувати мотивацію та самоактуалізацію здобувачів вищої освіти до навчання шляхом деталізації його мети, корегування змісту й використання інтерактивних

технології навчання; аудиторні та позааудиторні заняття будувати в контексті здійснення міждисциплінарних зв'язків; активно використовувати в процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін елементи монологу, діалогу та полілогу, а також обмін думками. Використання *компетентнісного підходу* в дослідженні передбачає врахування таких методологічних положень: метою процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є формування їх STEM-компетентності; її структура включає знаннєву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові; найважливішою структурною складовою STEM-компетентності є ціннісно-мотиваційна. Використання *культурологічного підходу* передбачає врахування таких положень, як-от: ніхто не живе в культурному вакуумі, тому всі рішення приймають залежно від соціального контексту; культура відіграє важливу роль у підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, оскільки вона є важливим компонентом для соціальної згуртованості в цілому та дає можливості для підвищення статусу й посилення ролі особистості в суспільстві зокрема; в освітньому процесі дуже важливою стає культура особистісної взаємодії, яка виявляється шляхом спілкування між майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, викладачами ЗВО та ЗЗСО; система ціннісних орієнтації майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін є динамічною, а не стабільною або наперед визначеною, що надає змогу зорієнтувати його цінності навколо STEM-освіти та застосування STEM технологій у професійній діяльності; STEM-культура майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін являє собою сукупність цінностей і норм поведінки, детермінованих необхідністю використання STEM технологій у професійній діяльності.

Визначено, що концепція підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності відтворює авторське бачення змін, необхідних для її реалізації та уявлень про те, яким чином ці зміни повинні бути реалізовані.

Розроблена концепція відтворює такі характеристики досліджуваного феномену: 1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти; 2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Так, характерними *особливостями професійної діяльності* вчителів природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти є: необхідність активного й широкого використання науково-дослідної діяльності учнів шляхом виконання різноманітних проєктів, найважливішими з яких є пов'язані з

освітньою робототехнікою; професійна діяльність учителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти не обмежується викладанням природничо-математичних дисциплін у школі, а охоплює значну позашкільну роботу (екскурсії, квести, конкурси, фестивалі, хакатони, практикуми тощо); у позашкільній роботі важливу роль відіграє Мала академія наук, яка здійснює регулярне навчання дослідницького спрямування за багатьма напрямками, у тому числі із STEM-дисциплін. Важлива роль інформаційних та STEM технологій, які є усюдисущими при викладанні природничо-математичних дисциплін, виконанні проєктів, а також їх застосування в позашкільний час.

Для *процесу підготовки* майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у контексті впровадження STEM-освіти також характерні певні особливості. Зокрема, це неможливість реалізації міждисциплінарності, поки майбутній учитель природничо-математичних дисциплін не набуде ґрунтовних знань у тих дисциплінах, з яких відбувається інтеграція. Тому в програмі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій базові дисципліни повинні передувати всім іншим, і на їх опанування має бути відведено достатньо часу. Крім цього, необхідний практичний досвід, зокрема в реалізації проєктної діяльності. Завдяки цьому майбутні вчителі набувають досвіду командної роботи та дослідницького підходу до пізнання навколишнього світу, формуючи тим самим відповідні складові досліджуваної готовності. Відтак, проєктна діяльність повинна «пронизувати» увесь процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Разом з тим, необхідні соціалізація та адаптація майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін у професійному колі, що надасть йому змогу сформувавши відповідну професійну поведінку, порівняти себе з іншими педагогами, а також виступить стимулом для продовження навчання. Відтак, у процесі підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно забезпечити відповідну соціальну взаємодію у професійному середовищі. Водночас ефективність процесу підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін цілком залежить від рівня сформованості його ціннісно-мотиваційної сфери. Тому в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій необхідно створити належний мотиваційний фон, стимулюючи їх психологічну готовність до навчання, а також формуючи активно-позитивне ставлення до технологій у майбутній професійній діяльності, при цьому спираючись на наявні знання й досвід.

Визначено, що процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій доцільно реалізувати в п'ять етапів: початковий, ознайомлювальний, квазіпрофесійний, професійно-практичний та підсумковий, – кожен з яких має власну мету й завдання.

Для реалізації цієї послідовності підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій визначено сукупність форм, методів (технологій) та засобів навчання. Серед *форм*

навчання виокремлено фронтальні, групові, індивідуальні; освітні події, лекційні, семінарські заняття, майстер-класи, а також програму самонавчання, що передбачає участь здобувачів освіти в конкурсах і фестивалях, пов'язаних зі STEM-освітою. У ході підготовки майбутніх учителів будуть використані проєктна технологія, проблемно-пошуковий, системно-діяльнісний та дослідницький методи. При цьому *основними засобами* будуть: освітні робототехнічні конструктори, моделі, вимірювальні комплекси, електронні віртуальні лабораторії, цифрові пристрої та прилади, онлайн-сервіси підтримки STEM-освіти тощо. Разом тим, визначено необхідність розробки нових інноваційних засобів навчання, пов'язаних із теоретичними та практичними аспектами підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, які будуть реалізовані у вигляді дисциплін і спецкурсів за вибором, а також майстер-класів та позанавчальної діяльності здобувачів вищої освіти. Не менш необхідним є оновлення змісту технічних і фундаментальних дисциплін професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін із зміщенням акцентів на STEM-освіту. Визначено, що *результатом* процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відповідна *готовність*, яка включає в себе *педагогічну й технологічну структурні складові*, кожен з яких характеризують *знаннєвий, діяльнісний і ціннісно-мотиваційний* змістові компоненти.

Розроблена авторська концепція створює належне підґрунтя для побудови моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, практична реалізація якої забезпечить ефективну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до такої професійної діяльності.

На основі визначеної методології дослідження та авторського бачення досліджуваного феномену сформовано сукупність з *дванадцяти принципів*, дотримання яких сприятиме ефективній реалізації системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, яка включає принцип персоналізації, принцип свідомої пізнавальної діяльності, принцип самоорганізації, принцип формування ціннісних орієнтацій, принцип співробітництва й наставництва, принцип діалогічності, принцип інтегративності (інтеграції), принцип трансдисциплінарності, принцип зв'язку навчання із життям, принцип значущості результатів навчання для особистості, принцип зворотного зв'язку та принцип постійного контролю.

Визначені методологічні й концептуальні засади створюють належний базис для побудови моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

У **четвертому розділі** – «*Організаційно-методичні засади побудови системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STE-технологій*» – подано структурно-функціональну модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій та охарактеризовано її структуру й зміст;

визначено та обґрунтовано сукупність організаційно-педагогічних умов, створення яких забезпечує ефективну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності; надано характеристику комплексно-методичного забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

Для реалізації авторського задуму розроблено *структурно-функціональну модель*, яка є графічним відображенням системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. У структурі розробленої моделі виділено три підсистеми: проєктивно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну (рис. 1).

Проєктивно-цільова підсистема структурно-функціональної моделі відтворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією підготовки, сукупністю принципів підготовки, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя, а також методичним забезпеченням, які в сукупності визначають теоретико-методологічні засади та спрямування процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Основними завданнями системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності можна виразити у формуванні знань, умінь і здатностей майбутнього вчителя до: самостійної побудови викладання свого предмета з використанням сучасних технологічних та інженерних знань за допомогою сучасних технологічних засобів; вирішення глобальних питань із застосуванням технологічних рішень у процесі навчання й ґрунтуючись на інноваціях у галузі технологій; визначення тенденцій у модернізації світових технологій і їх впливу на освітню діяльність; залучення до науково-дослідної діяльності учнів та керування їх проєктною діяльністю з використанням інноваційних технологій; розповсюдження інновацій і знання про них у професійному та повсякденному житті.

Організаційно-діяльнісна підсистема моделі відтворює основні етапи, їх завдання та організаційно-педагогічні умови, в яких необхідно реалізувати процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Аналітично-результативна підсистема розробленої структурно-функціональної моделі відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, які втілені у вигляді критеріїв, їх показників та рівнів готовності.

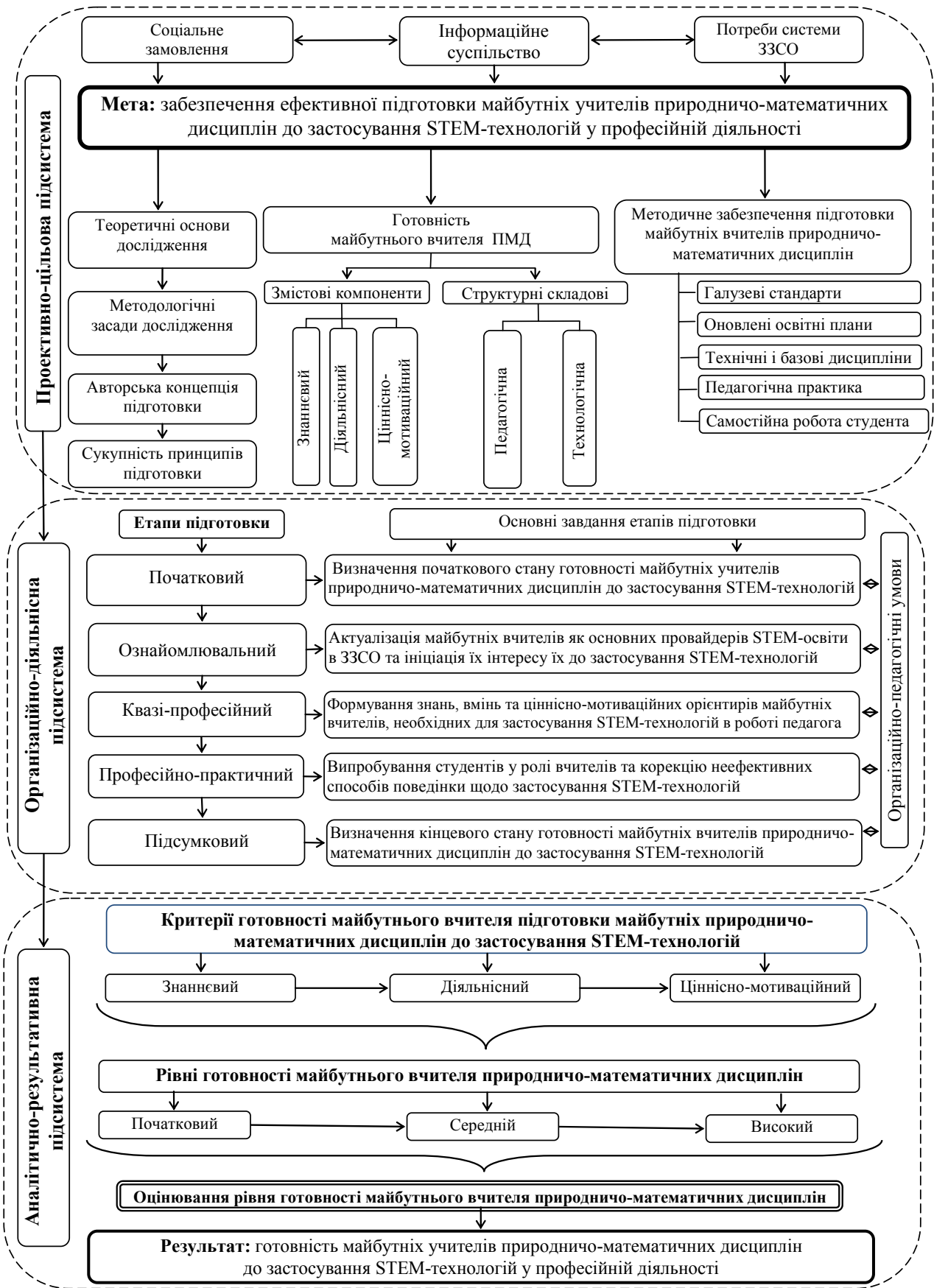


Рис. 1. Структурно-функціональна системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності

Встановлено *рівні готовності* майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: початковий, середній та високий. Так, *початковий рівень* – засвоєння знань, базових наукових теорій – передбачає можливість майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін пояснювати нові спостережувані факти на основі засвоєних теорій. *Середній рівень* – поглиблення знань, формування системи наукових знань – є основою наукової картини світу майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, включає вміння планувати експерименти, проводити спостереження, порівняння, опис. *Високий рівень* – створення знань, теоретичних узагальнень – передбачає накопичення, аналіз і систематизацію фактів, експериментальних даних, а також спроби їх пояснити.

Визначено та обґрунтовано сукупність *організаційно-педагогічних умов*, створення яких забезпечує ефективну підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, яка включає:

- 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій;
- 2) реалізацію майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки;
- 3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

Визначено, що *комплексно-методичне забезпечення* системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності потребує деталізації нормативно-правової основи, а також матеріально-технічного та інформаційного забезпечення освітнього процесу. Так, насамперед, у ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності визначається його *нормативно-правове забезпечення*, що включає методичні рекомендації, положення, інструкції та інші нормативні акти, що детермінують освітній процес у ЗЗСО. Далі майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін ознайомлюються з *інформаційними, дидактичними та методичними засобами* для впровадження STEM-освіти, зокрема: STEM-іграми, вебресурсами для підтримки STEM-освіти, електронними віртуальними лабораторіями, музеями науки, а також робототехнічними конструкторами.

У **п'ятому розділі** – «Дослідно-експериментальна робота з перевірки ефективності авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій» – висвітлено методику організації дослідно-експериментальної роботи з перевірки ефективності авторської системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; описано хід констатувального, формувального та контрольного етапів педагогічного експерименту; представлено результати статистичного аналізу, що засвідчує ефективність запропонованої системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Педагогічний експеримент з перевірки ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності проведено протягом 2015–2020 рр., до нього були залучені педагогічні колективи та 378 студентів Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДПУ), Бердянського державного педагогічного університету (БДПУ), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (ВДПУ), Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (ЛНУ), Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (ХНПУ), Класичного приватного університету (м. Запоріжжя) (КПУ).

На *першому етапі* (2015–2016 рр.) підготовлено та проведено констатувальний експеримент з проблеми дослідження стану й виявлення проблем підготовки майбутніх учителів до виконання професійних обов'язків, визначення їх академічної та професійної направленості, мотивацій, очікувань від освітнього процесу, які є складовою проблеми дослідження. На цьому етапі також уточнено структуру готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, обрано критерії й показники для визначення ефективності системи підготовки майбутніх учителів, проведено опитування студентів для з'ясування рівня володіння інформаційними технологіями та мотиваційної складової до професії вчителя.

На *другому етапі* (2016–2018 рр.) виділено головні аспекти проблеми дослідження (методологічний, психолого-дидактичний, науково-методичний); сформульовано концепцію, робочу гіпотезу та завдання дослідження; виділено методи й форми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін; розроблено модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

На *третьому етапі* (2018–2019 рр.) проведено формувальний і контрольний етапи педагогічного експерименту, спрямованого на формування в здобувачів освіти відповідної готовності до застосування STEM технологій. На цьому етапі здійснено аналіз та інтерпретацію отриманих статистичних даних.

Експериментальна робота на формувальному етапі передбачала створення відповідних організаційно-педагогічних умов. Насамперед, удосконалено зміст інтегративних курсів педагогічного та професійного спрямування, які викладали в експериментальній групі. Зокрема, для спеціальності 014 Середня освіта (Математика) введено окремі теми до робочих програм дисциплін «Методика викладання інформатики», «Проектування інформаційно-освітнього середовища сучасної школи», «Вибрані питання програмування». На спеціальності 013 Початкова освіта застосовано розроблений «Практикум з програмування», для усіх педагогічних спеціальностей розроблено програму дисципліни за вибором «Освітня робототехніка».

Крім цього, для студентів природничо-математичних спеціальностей і вчителів дисциплін природничо-математичного циклу створено та впроваджено

дистанційні курси для проведення семінарів: «Методика викладання робототехніки», «Організація науково-дослідної діяльності у контексті STEM-освіти», «Впровадження елементів STEM-освіти у навчання математики, фізики та інформатики», «Напрями проєктної діяльності в контексті STEM-освіти». Створено банк STEM-розробок, який постійно поповнюється. Для студентів педагогічних спеціальностей природничо-математичного спрямування створено курс «Основи робототехнічних систем», у якому реалізовано вимоги до завдань, що спрямовані на формування STEM-компетентності.

Для всіх спеціальностей (у тому числі педагогічних) розроблений курс за вибором «Освітня робототехніка», для якого на ресурсі Херсонського державного університету ksuonline.ksu.ks.ua створено відповідний дистанційний курс.

Для освітнього рівня «магістр» у навчальний план спеціальностей 014 Середня освіта (Математика), 014 Середня освіта (Інформатика) і 014 Середня освіта (Фізика) введено дисципліну «Основи робототехнічних систем». Для освітнього рівня «бакалавр» до навчальних планів усіх педагогічних спеціальностей введено дисципліну за вибором «STEM-освіта і робототехніка».

Оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів спрямовано на навчання майбутнього вчителя проєктної діяльності за допомогою робототехнічних систем і онлайн-інструментів, набуття ними науково-педагогічного досвіду, необхідного для оволодіння технологіями наукових досліджень та дослідницької діяльності, а також STEM технологіями. Обрання освітніх робототехнічних систем зумовлено тим, що вони можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні інформатики, біології, фізики тощо. Організовано роботу студентів зі створення проєктів, при цьому використано й враховано стратегії роботи з поколінням Net.

Студенти експериментальної групи також були залучені до роботи в STEM-школі, створеній у Херсонському державному університеті для дітей шкільного віку, що забезпечило їх соціальну взаємодію в професійному середовищі.

Результати *пілотного опитування й діагностичного зрізу*, проведених серед 378 студентів з метою вивчення сучасного стану й виявлення проблем підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування інноваційних технологій, рівня викладання інтегрованих курсів, а також визначення їх академічної та професійної спрямованості, підтвердили актуальність обраної теми дослідження й надали змогу з'ясувати, що більшість респондентів є представниками покоління Net, при цьому рівень їх знань і навичок у галузі проєктної діяльності та технологій є недостатнім для застосування STEM технологій. Крім цього, визначено, що готовність студентів до використання STEM технологій суттєво залежить від набутого ними попереднього досвіду, а також активної участі в інтегративних заняттях з різних дисциплін та проєктній діяльності. На етапі констатувального експерименту виділено контрольну групу – 104 особи й експериментальну групу – 117 осіб. На контрольному етапі чисельність контрольної групи становила 98 осіб, а експериментальної – 112 осіб.

Для *встановлення статистичної значущості* різниці між результатами діагностики рівня готовності майбутніх учителів природничо-математичних

дисциплін контрольної та експериментальної груп обрано критерій χ^2 (хі-квадрат) К. Пірсона та критерій Фішера.

При цьому сформульовано нульову та альтернативну статистичні гіпотези. Так, якщо емпіричне значення критерію Пірсона буде не більшим, ніж його критичне значення: $\chi_{\text{емп}}^2 \leq \chi_{\text{кр}}^2$, то з імовірністю 95% можна прийняти нульову гіпотезу H_0 про те, що показники відповідних компетентностей контрольної та експериментальної груп відрізняються незначучо (несуттєво). Якщо ж емпіричне значення критерію Пірсона буде більшим, ніж його критичне значення: $\chi_{\text{емп}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$, то з імовірністю 95% можна прийняти альтернативну гіпотезу H_1 про те, що показники рівнів готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін контрольної та експериментальної груп відрізняються значучо (суттєво). При цьому критичне значення критерію Пірсона для трирівневої шкали оцінювання та вибраного рівня значучості $\alpha=0,05$ дорівнює $\chi_{\text{кр}}^2 = 5,99$.

Для уточнення результатів контрольного експерименту здійснено перевірку ймовірності нульової гіпотези H_0 окремо для контрольної та експериментальної груп. Результати обчислення емпіричних значень критерію Пірсона для контрольної групи подано в табл. 1.

Таблиця 1

**Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез
при порівнянні однорідності вибірових сукупностей контрольної групи
під час констатувального та контрольного експериментів**

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi_{\text{емп}}^2$ (при $\alpha=0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотиваційний	13	14	22	24	69	60	2,533
педагогічні показники	13	14	21	24	70	60	2,603
технологічні показники	12	14	23	25	69	60	2,471
Діяльнісний	13	14	22	26	69	59	2,791
педагогічні показники	13	14	22	25	69	59	2,817
технологічні показники	12	14	23	26	69	59	2,767
Знаннєвий	12	14	21	23	71	61	2,709
педагогічні показники	13	16	19	21	72	61	3,273
технологічні показники	12	13	22	24	70	61	2,339
Середнє значення	13	14	22	24	70	60	2,667

Проаналізувавши результати табл. 1, можна зробити такий висновок: однорідність двох вибірок контрольної групи зменшилась, однак емпіричні значення критерію Пірсона все ще менші, ніж його критичне значення $\chi_{кр}^2 = 5,99$.

Отже, з імовірністю 95% можна стверджувати, що відмінність обох вибірок не є значущою, тобто виконується нульова гіпотеза H_0 .

Результати обчислення емпіричних значень критерію Пірсона для експериментальної групи подано в табл. 2.

Таблиця 2

Значення критерію Пірсона (χ^2) перевірки статистичних гіпотез при порівнянні однорідності вибірових сукупностей експериментальної групи під час констатувального та контрольного експериментів

Компоненти	Високий рівень		Середній рівень		Початковий рівень		$\chi_{емп}^2$ (при $\alpha=0,05$)
	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	Конст. експ.	Контр. експ.	
Ціннісно-мотиваційний	14	25	25	40	78	47	16,407
педагогічні показники	14	25	24	39	79	48	16,054
технологічні показники	14	25	26	41	78	46	16,791
Діяльнісний	14	29	25	45	78	38	26,054
педагогічні показники	15	28	24	48	78	36	29,670
технологічні показники	14	29	26	43	78	41	22,870
Знаннєвий	13	27	23	42	81	43	23,439
педагогічні показники	13	28	21	39	83	45	23,938
технологічні показники	13	26	24	44	80	42	22,991
Середнє значення	14	27	24	42	79	43	21,727

Дані з табл. 1 та 2 вказують на те, що емпіричні значення критерію Пірсона при порівнянні результатів контрольного експерименту в контрольній та експериментальній групах перевищує контрольне значення цього критерію: $\chi_{кр}^2 = 5,99$ для кожного з досліджених показників. Як видно з таблиці, найбільш суттєво різняться результати обох груп з діяльнісного компонента, зокрема, за його педагогічною складовою. Таким чином, з імовірністю 95% потрібно прийняти альтернативну гіпотезу H_1 про те, що є суттєві відмінності між двома вибіровими сукупностями: контрольною й експериментальною групою – за всіма показниками.

Отримані результати педагогічного експерименту засвідчили, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності в експериментальній групі відбулася ефективніше, ніж у контрольній, що підтверджує ефективність авторської моделі системи й визначених організаційно-методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій.

ВИСНОВКИ

Досягнення поставленої мети та реалізація завдань дослідження надали змогу сформулювати такі висновки й рекомендації:

1. Аналіз стану розробленості проблеми дослідження в педагогічній теорії та практичній діяльності закладів вищої освіти в Україні й за кордоном засвідчив її актуальність, новизну та практичну значущість, що зумовлює необхідність пошуку теоретичних і методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Актуальність проблеми дослідження також посилюється низкою викликів, що постають перед сучасною системою професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, такими як: реформування системи загальної середньої освіти (використання компетентностей для оцінювання результатів навчання здобувачів освіти, поява експериментальних програм з природничих дисциплін та інтегрованого курсу «Природничі науки»); необхідність урахування особистісних характеристик здобувачів загальної середньої освіти, які відповідно до теорії поколінь є представниками покоління Z, найважливішими з яких є зацікавленість у технологіях, можливість вибору, відкритість, незалежність, громадянський обов'язок і мораль, негайна винагорода тощо; гендерна нерівність під час вибору професії майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, яка базується на упередженій думці про те, що техніка та технології – це галузі для хлопців, але професію вчителя при цьому обирають переважно дівчата.

Дослідження рівня впливу мотивації на вибір спеціальності, аналіз сучасних освітніх програм підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, практичного досвіду впровадження STEM-освіти в Україні та стану готовності учителів до цього.

Визначення практичного стану підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій засвідчило таке: 1) в освітніх програмах підготовки майбутніх учителів фізики, математики, інформатики, біології наявні окремі STEM-дисципліни, що інтегрують знання математичної та природничо-наукової підготовки, проте, системна підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій не ведеться; 2) в Україні наявна велика кількість ініціативних груп влади, науковців та вчителів, які працюють і розробляють окремі напрями STEM-освіти, популяризують її серед учнівської молоді. Значну увагу при цьому приділено освітній робототехніці як одній зі складових STEM-освіти. Проте підготовка вчителів

природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій ведеться ситуативно та епізодично; 3) вчителі природничо-математичних дисциплін також демонструють низький рівень обізнаності щодо STEM-освіти, недостатнє розуміння основних принципів її реалізації та використання STEM технологій. При цьому частина вчителів готові самостійно організувати діяльність учнів у галузі STEM-освіти, але частіше вони хочуть бути пасивними учасниками заходів, які присвячені питанням STEM-освіти, а не їх організаторами.

Охарактеризовано базові поняття дослідження, зокрема:

– поняття «система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій» визначено як множини підпорядкованих і взаємопов'язаних структурно-функціональних підсистем, яка спрямована на досягнення певної освітньої мети – забезпечення ефективної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності;

– поняття «підготовка» – як процес формування та розвитку знань, умінь, навичок, ціннісних орієнтацій та особистісних якостей, що необхідні для застосування STEM технологій у професійній діяльності, її результатом є готовність майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до цього;

– поняття «STEM» – як навчальну програму, яка використовує зазначені в назві навчальні дисципліни;

– поняття «STEM технології» – як сучасні інструментально-технічні й технологічні засоби, що забезпечують оволодіння тими, хто навчається, первинними інженерно-технологічними та науково-дослідними знаннями й уміннями, а також формування в них цінностей «STEM-освіти»;

– поняття «STEM-дисципліни» – як інтегровану сукупність навчальних дисциплін, що сприяють опануванню природничо-математичних наук, формують і розвивають у майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін (математики, інформатики, фізики (астрономії), хімії, біології, трудового навчання (креслення)) знання й уміння (компетентності) з технології та інженерії.

З'ясовано, що в зарубіжних країнах запровадження STEM-освіти відбувається за різними концептами, проте за значної підтримки з боку держави та з популяризацією STEM-освіти серед молоді.

Характерними ознаками STEM-освіти є: наявність різноманітних програм і проєктів, проведення конкурсів серед академічних установ, проведення університетами безкоштовного підвищення кваліфікації вчителів, професійних навчальних семінарів для вчителів шкіл усієї країни, підготовка до впровадження STEM-освіти як майбутніх, так і вчителів, які вже працюють, більшість з яких – учителі молодшої та середньої школи, створення нових навчальних планів зі STEM-освіти робочими дослідницькими групами, до яких включені й вчителі природничо-математичних дисциплін, наявність різноманітних волонтерських програм, використання проєктного навчання (project-based learning), а також міжнародна співпраця з іноземними закладами вищої освіти. Не менш важливою є співпраця між майбутніми й вчителями, які вже працюють, у впровадженні STEM-освіти.

2. Методологічні засади дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності на *філософському рівні* методології включають: загальні положення теорії пізнання, сучасну форму діалектичного методу та універсальні методологічні принципи (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії й практики).

Загальнонауковий рівень методології дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності представлений логічними прийомами пізнання (аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія й формалізація) та системним і синергетичним підходами. Так, з позицій *системного підходу* необхідно: визначити основні структурні складові (підсистеми) системи підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності та їх елементи; окреслити субпідрядність, ієрархію, цілісність і взаємодію визначених структурних складових (підсистем); проаналізувати особливості її функціонування; визначити чинники, що впливають на досліджуваний процес. З позицій *синергетичного підходу* необхідно врахувати такі положення: система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є відкритою й володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; досліджуваний процес професійної підготовки можна спрямувати шляхом слабких впливів на підготовку майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, але при цьому враховуючи його самокерованість і самоорганізацію; кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін також володіє здатністю до самоорганізації та саморозвитку; майбутній учитель природничо-математичних дисциплін – складна відкрита система, що саморегулюється.

Конкретно-науковий рівень методології дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності передбачає розгляд досліджуваного феномену з позицій особистісно орієнтованого, компетентнісного та культурологічного підходів. Так, використання *особистісно орієнтованого підходу* передбачає виконання таких положень: якнайповніше врахувати індивідуальні особливості (творчий потенціал, освітні можливості, здібності) кожного здобувача вищої освіти; формувати в майбутніх учителів почуття толерантності й емпатійності як критично важливих для майбутньої професійної діяльності; забезпечувати мотивацію та самоактуалізацію здобувачів вищої освіти до навчання шляхом деталізації його мети, корегування змісту й використання інтерактивних технологій навчання; аудиторні та позааудиторні заняття будувати в контексті здійснення міждисциплінарних зв'язків; активно використовувати в процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін елементи монологу, діалогу та полілогу, а також обмін думками. Використання *компетентнісного підходу* зумовлює необхідність урахування таких положень:

метою процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності є формування їх STEM-компетентності; структура STEM-компетентності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін включає знаннєву, діяльнісну та ціннісно-мотиваційну складові; найважливішою структурною складовою STEM-компетентності є ціннісно-мотиваційна. Використання *культурологічного підходу* спрямовує на врахування таких положень: ніхто не живе в культурному вакуумі, тому всі рішення приймають залежно від соціального контексту; культура відіграє важливу роль у підготовці майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін, оскільки вона є важливим компонентом для соціальної згуртованості в цілому та дає можливості для підвищення статусу й ролі особистості в суспільстві зокрема; в освітньому процесі дуже важливою стає культура особистісної взаємодії, яка виявляється шляхом спілкування між майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін, викладачами ЗВО та ЗЗСО; система ціннісних орієнтації майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін є динамічною, а не стабільною або наперед визначеною, що дозволяє зорієнтувати його цінності навколо STEM-освіти та застосування STEM технологій у професійній діяльності; STEM-культура майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін являє собою сукупність цінностей і норм поведінки, детермінованих необхідністю використання STEM технологій у професійній діяльності.

Для створення ефективної системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності необхідно дотримуватися сукупності з дванадцяти принципів: персоналізації, свідомої пізнавальної діяльності, самоорганізації, формування ціннісних орієнтацій, співробітництва й наставництва, діалогічності, інтегративності (інтеграції), трансдисциплінарності, зв'язку навчання із життям, значущості результатів навчання для особистості, зворотного зв'язку та постійного контролю.

3. Теоретично обґрунтовано концепцію підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка визначає: 1) особливості професійної діяльності вчителя природничо-математичних дисциплін в умовах STEM-освіти; 2) особливості процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 3) основні етапи процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 4) сукупність організаційно-методичних засад, що забезпечать ефективну реалізацію процесу професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій; 5) авторське бачення результатів підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

4. Розроблено структурно-функціональну модель системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, яка є графічним відображенням авторського бачення системи

підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Розроблена модель включає три взаємозалежні підпорядковані підсистеми: проєктивно-цільову, організаційно-діяльнісну та аналітично-результативну. Так, *проєктивно-цільова підсистема* відтворює зв'язки між теоретичними основами, методологічними засадами, авторською концепцією підготовки, сукупністю принципів підготовки, змістовими компонентами й структурними складовими готовності майбутнього вчителя, а також методичним забезпеченням, які в сукупності визначають теоретико-методологічні засади та спрямування процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. *Організаційно-діяльнісна підсистема* моделі відтворює основні етапи, їх завдання та організаційно-педагогічні умови, в яких необхідно реалізувати процес підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. *Аналітично-результативна підсистема* розробленої структурно-функціональної моделі відображає авторське бачення кінцевих результатів процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Готовність майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності включає в себе педагогічну й технологічну структурні складові. Так, *педагогічна структурна складова* готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій стосується розуміння майбутнім учителем наукових і методичних засад упровадження STEM-освіти в практику ЗЗСО, його вміння реалізовувати проєкти та застосовувати STEM технології у професійній діяльності. У цьому аспекті для вчителя важливо вміти організовувати роботу здобувачів освіти над проєктом у групі, особливо важливо правильно спланувати роботу над проєктом та поділити ролі й завдання в групу. Загалом педагогічна діяльність учителя природничо-математичних дисциплін повинна забезпечити формування в здобувачів освіти цілісної наукової картини світу, усвідомлення ними практичної цінності знань з математики, фізики, інженерії та інших природничо-математичних дисциплін, а також сформувані в них «м'які» вміння, необхідні для життєдіяльності в інформаційному суспільстві. *Технологічна структурна складова* готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності стосується здатності самого вчителя опановувати технології STEM-освіти, зокрема, роботизовані конструктори та їхнє середовище програмування, вміння передбачати, з якими труднощами можуть зіткнутися здобувачі освіти в процесі оволодіння новими технологіями, вибирати технічні засоби, які найкраще відповідають освітнім завданням, тощо. При цьому кожна із цих структурних складових характеризують знаннєвий, діяльнісний та

ціннісно-мотиваційний змістові компоненти готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін.

Під час дослідження за кожною структурною складовою виділено три рівні готовності майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності: початковий, середній та високий. Так, *початковий рівень* – засвоєння знань, базових наукових теорій – передбачає можливість майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін пояснювати нові спостережувані факти на основі засвоєних теорій. *Середній рівень* – поглиблення знань, формування системи наукових знань – є основою наукової картини світу майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, включає вміння планувати експерименти, проводити спостереження, порівняння, опис. *Високий рівень* – створення знань, теоретичних узагальнень – передбачає накопичення, аналіз і систематизацію фактів, експериментальних даних, а також спроби їх пояснити.

5. Серед організаційно-педагогічних умов, що забезпечують ефективність реалізації процесу підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, визначено: 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій; 2) реалізацію майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки; 3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

6. Педагогічний експеримент з перевірки ефективності моделі системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій до професійної діяльності проведено протягом 2015–2020 рр., до нього були залучені 378 студентів Херсонського державного університету (ХДУ), Мелітопольського державного педагогічного університету (МДПУ), Бердянського державного педагогічного університету (БДПУ), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (ВДПУ), Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (ЛНУ), Харківського національного педагогічного університету імені Г.С.Сковороди (ХНПУ), Класичного приватного університету (м. Запоріжжя) (КПУ).

Експериментальна робота з підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій на формувальному етапі передбачала вдосконалення змісту інтегративних курсів педагогічного й професійного спрямування, реалізацію студентами проектної діяльності та створення відповідних організаційно-педагогічних умов. Для виконання проектів обрано освітні робототехнічні системи, які можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні інформатики, біології, фізики тощо; організовано роботу студентів зі створення проектів. При цьому використано й враховано стратегії роботи з поколінням Z.

Результати педагогічного експерименту засвідчили, що на констатувальному етапі експерименту за жодною структурною складовою готовності майбутніх

вчителів природничо-математичних дисциплін між контрольною та експериментальною групами не було статистично значущої різниці при порівнянні рівнів готовності за критерієм Пірсона (критерій χ^2) та критерієм Фішера ($\alpha=0,05$), а на контрольному етапі експерименту порівняння рівнів готовності майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін експериментальної та контрольної груп і за критерієм Пірсона (критерій χ^2), і за критерієм Фішера ($\alpha=0,05$) виявило статистично значущі відмінності між ними. Такі результати педагогічного експерименту дають підстави стверджувати, що підготовка майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій в експериментальній групі відбулася ефективніше, ніж у контрольній, що підтверджує ефективність авторської структурно-функціональної моделі системи та визначених організаційно-методичних засад підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Таким чином, вирішено завдання дослідження та досягнуто його мету.

Здійснене дослідження не вичерпує всіх аспектів розв'язання проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Зокрема, існує потреба в теоретичному обґрунтуванні та організації масштабного експерименту з професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін з використанням штучної нейронної мережі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія

1. Валько Н. В. Теоретичні та методологічні засади підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій : монографія / за ред. В. В. Осадчого. Херсон : Айлант, 2020. 436 с.

Статті в наукових фахових виданнях, що індексуються у Scopus, WoS, категорії А та зарубіжному

2. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. Bridging the Generation Gap in ICT Education. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2013. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. C. Mayr, M. Nikitchenko, A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2013. Vol. 412. Springer, Cham. 2013. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03998-5_12. *Особистий внесок здобувача: проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.*

3. Valko N., Kushnir N., Manzhula A. Future and Experienced Teachers Should Collaborate on ICT Integration. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2014. Communications in Computer and Information Science* / V. Ermolayev, H. Mayr, M. Nikitchenko,

A. Spivakovsky, G. Zholtkevych (eds.). 2014. Vol. 469. Springer, Cham. P. 217–237. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13206-8_11. *Особистий внесок здобувача: проведення педагогічного експерименту; розробка, аналіз та обробка анкетних даних майбутніх учителів; удосконалення створених ресурсів.*

4. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Litvinenko O. The Experience of the Master Classes as a Means of Formation of Readiness of Teachers to Implement Innovation. *Information and Communication Technologies in Education, Research, and Industrial Applications. ICTERI 2016. Communications in Computer and Information Science / A. Ginige et al. (eds.). 2017. Vol. 783. Springer, Cham. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69965-3_11. Особистий внесок здобувача: відбір завдань і вправ для майстер-класів, робота над програмою майстер-класу, аналіз анкет респондентів та обробка результатів опитування.*

5. Goncharenko T., Kushnir N., Valko N., Osipova N. Activity Plan Template for Supporting Study Science with Robotics and Programming. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings. 2019. Vol. 2393. P. 132–143. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_257.pdf. Особистий внесок здобувача: опис методики й особливостей програми підготовки та проведення занять з робототехніка й програмування; підбір авторських програм з програмування.*

6. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Experience of Foundation STEM-School. *Proceedings of 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings. 2018. Vol. 2104. P. 431–446. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_241.pdf. Особистий внесок здобувача: опис програми курсів для літнього інтенсиву в частині методичних основ вивчення програмування; розробка та аналіз анкет у частині встановлення стану проблеми підготовки учителів до впровадження STEM-освіти.*

7. Kushnir N., Manzhula A., Valko N. New Approaches of Teaching ICT to Meet Educational Needs of Net Students Generation. *Proceedings of the 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR-WS. 2013. Vol. 1000. P. 195–208. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1000/ICTERI-2013-p-195-208.pdf>. Особистий внесок здобувача: розробка та аналіз анкет у частині визначення академічної й професійної спрямованості студентів і їх мотивацій, поінформованості щодо розвитку кар'єри (досвіду).*

8. Spivakovskiy O., Kushnir N., Valko N., Vinnyk M. ICT Advanced Training of University Teachers. *13th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. 2017. P. 176–190. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1844/10000176.pdf>. Особистий внесок здобувача: визначення структури й функціональності інструментів підтримки роботи викладача; розробка та наповнення методичними матеріалами тематичних блоків «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу», «Дистанційне навчання як елемент освітнього середовища сучасного університету».*

9. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Determining the Level of Readiness of Teachers to Implementation of STEM-Education in Ukraine. *Proceedings of 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR Workshop Proceedings*. 2019. Vol. 2393. P. 144–155. URL: http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_369.pdf. *Особистий внесок здобувача: загальна постановка питання та аналіз статистичних даних з актуальності питання STEM-освіти; визначення пізнавальної діяльності та різних організаційних форм STEM-навчання; проведення експерименту.*

10. Valko N. Teachers' Training System of Natural and Mathematical Disciplines of Ukraine in STEM-education. *European science review. Premier Publishing s.r.o.* Vienna. 2019. № 9–10. P. 32–34. URL: <https://doi.org/10.29013/ESR-19-9.10-32-34>.

11. Valko N., Osadchyi V., Kushnir N. Design of the educational environment for STEM-oriented learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 2020. Vol. 75. № 1. P. 316–330. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3213>. *Особистий внесок здобувача: розробка моделі освітнього середовища STEM-орієнтованого навчання; визначення умов його функціонування, структури взаємодії учасників у ньому; наведення прикладів проєктів, які виконують у межах інтегрованих занять, і характеристика етапів проєктної діяльності.*

Статті в наукових фахових виданнях України

12. Валько Н. В. Аналіз освітніх програм навчання майбутніх учителів у контексті STEM-освіти. *Молодь і ринок*. 2019. № 10 (177). С. 101–106. URL: http://mr.dspu.edu.ua/publications/2019/10_177_2019.pdf.

13. Валько Н. Досвід впровадження STEM-освіти у США та Канаді. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 3. С. 9–20. URL: <http://eprintsmdpu.org.ua/>

14. Валько Н. В. Аналіз та перспективи підготовки майбутніх учителів інтегрованого курсу «Природничі науки». *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки*. 2019. Вип. 2. С. 170–178. URL: <http://pedagogy.bdpu.org/wp-content/uploads/2019/10/19.pdf>.

15. Валько Н. В. Компетентнісний підхід до формування STEM-культури майбутніх учителів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. № 5 (1187). С. 23–31.

16. Kushnir N., Osipova N., Valko N., Kuzmich L. Review of trends, approaches and perspective practices of STEM-education for training center opening. *Informational Technologies in Education*. 2017. Vol. 31. P. 69–80. *Особистий внесок здобувача: створення інтерактивної карти робототехнічних та STEM-центрів України; доповнення переліку освітніх активностей зі STEM-освіти; опис методичних застосувань робототехнічних конструкторів та створення відповідних розділів дистанційного курсу.*

17. Валько Н. В. STEM-освіта вчителів у країнах Сходу та Австралії. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2018. № 61. С. 36–47. URL: <http://library.uipa.edu.ua/resources/engineers-pedagogik/zbirnik-naukovikh-prats.html>.

18. Валько Н. В. Визначення STEM-культури як складової професійної культури на основі аналізу наукових досліджень. *Педагогічні науки* : зб. наук. пр. 2018. № 84. Т. 2. С. 78–82.

19. Валько Н. В. Побудова моделі STEM-навчання засобами нейронних мереж. *Педагогічний альманах* : зб. наук. пр. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2019. С. 128–135.

20. Валько Н. В. Робототехніка як засіб підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін. *Інформаційні технології в освіті*. 2019. № 40. С. 38–47. URL: http://ite.kspu.edu/issue_40/p-38-47.

21. Валько Н. В. Побудова моделі особистісно-орієнтованого STEM-навчання. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. Запоріжжя, 2019. Вип. 67. С. 147–151. URL: <http://pedagogy-journal.kpu.zp.ua/>

22. Валько Н. В. Проектно-дослідна складова STEM-навчання на прикладі створення моделі безпілотного транспорту. *Вісник Запорізького національного університету*. 2019. Вип. 2 (33). С. 9–12. URL: <http://visnykznu.org/issues/2019/2019-ped-2/3.pdf>.

23. Валько Н. В. Стан реалізації STEM-освіти майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін у Європейському союзі. *Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського*. 2018. Вип. № (62). Т. 2. С. 52–58. URL: http://mdu.edu.ua/?page_id=1502.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

24. Валько Н. В., Кушнір Н. А., Манжула А. М. Принципы создания современного курса для студентов педагогических специальностей: личностно-ориентированный подход. *Інформаційні технології в освіті*. 2013. Вип. 15. С. 263–275. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/itvo_2013_15_33. *Особистий внесок здобувача: проведення аналізу результатів опитування; класифікація результатів за категоріями; створення звіту опитування; формулювання висновків.*

25. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Вінник М. О. Підвищення кваліфікації викладачів університету як елемент розвитку інформаційно-освітнього середовища університету. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*. 2016. Вип. 2. С. 194–208. URL: <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/47>. *Особистий внесок здобувача: створення програми підвищення кваліфікації в частині «Сервіси Google у навчальному процесі» та «Засоби Web 2.0 для створення контенту дистанційного курсу»; розробка структурно-логічної схеми та її наповнення; проведення анкетування й обробка результатів.*

26. Kushnir N., Valko N., Osipova N., Bazanova T. Model of organization of the university ecosystem for the development of STEM-education. *Informational Technologies in Education*. 2018. № 4 (37). P. 77–92. URL: http://ite.kspu.edu/issue_37/p-77-92. *Особистий внесок здобувача: розробка Положення про STEM-школу; формулювання мети й завдань STEM-школи; розробка програми літніх курсів у*

частині занять з робототехніки; проведення воркшопів для вчителів та аналіз результатів опитування.

27. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень – шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Вісник Херсонського Національного технічного університету*. 2019. № 2 (69). Ч. 2. С. 280–287. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова математичних моделей окремих економічних задач.*

28. Валько Н., Болгарін Т., Валько К.. Моделювання руху безпілотного транспорту на базі Arduino. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*. 2019. Vol. 7. № 4, Dec. P. 1–9. DOI:10.32919/uesit.2019.04.01. *Особистий внесок здобувача: опис і побудова методології дослідження; створення плану робіт та контроль за проектною діяльністю.*

29. Валько Н. В., Кушнір Н. О. Гнучкість ІКТ-підготовки майбутніх учителів під впливом швидких змін цифрового світу. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2015. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/oeeset_2015_1_6. *Особистий внесок здобувача: удосконалення розробленого курсу відповідно до сучасних технологічних вимог.*

30. Кушнір Н. О., Валько Н. В., Осипова Н. В., Кузьмич Л. В. Відкриті освітні ресурси для організації навчання у контексті STEM-освіти. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2017. Вип. 3. С. 247–255. *Особистий внесок здобувача: опис переліку онлайн-сервісів для впровадження STEM-освіти.*

31. Валько Н. В., Кушнір Н. О., Осипова Н. В. Інноваційні методи, засоби та форми організації навчального процесу у STEM освіті. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти* : матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2016 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон : КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2016. С. 41–48. *Особистий внесок здобувача: аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем упровадження інноваційних форм організації навчального процесу для реалізації завдань STEM-освіти.*

32. Осипова Н. В., Кушнір Н. О., Валько Н. В. STEM-освіта: підвищення професійної компетентності вчителів фізики, математики та інформатики / XVIII Міжнародна конференція з математичного моделювання (МКММ-2017) : зб. тез (18–22 вересня 2017 р., м. Херсон). Херсон : ХНТУ, 2017. С. 80. *Особистий внесок здобувача: теоретичний аналіз методологічних, технологічних та управлінських проблем упровадження STEM-освіти; розробка тематики семінарів у частині «Середовище Scratch», «Освітня робототехніка».*

33. Осадчий В. В., Валько Н. В. Практичний досвід створення освітнього STEM-середовища. *Цифрова освіта в природничих університетах* : тези V Міжнар. наук. конф. / НУБІП, м. Київ, Україна, 17–18 жовтня 2018 р. Київ, 2018. С. 90–92. *Особистий внесок здобувача: формулювання передумов і принципів успішного впровадження STEM-освіти; визначення мети, завдань та напрямів роботи STEM-школи.*

34. Валько Н. В., Осадчий В. В. Адаптивна система впровадження STEM-освіти у закладах вищої освіти. *Тези IV Міжнародної конференції з адаптивних*

технологій управління навчанням ATL 2018, м. Одеса 24–26 жовтня 2018 р. Одеса, 2018. С. 139–141. Особистий внесок здобувача: визначення шляхів побудови освітнього STEM-середовища; робота над програмою курсів підвищення кваліфікації та її наповнення.

35. Валько Н. В. Зарубіжний досвід підготовки вчителів в умовах впровадження STEM-освіти. *STEM-освіта: стан упровадження та перспективи розвитку*: тези IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 8–9 листопада 2018 р.). Київ, 2018. С. 9–11. URL: <https://imzo.gov.ua/2018/11/13/vidbulasia-iv-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiia-stem-osvita-stan-vprovadzhennia-ta-perspektyvy-rozvytku/>

36. Осипова Н. В., Кушнір Н. А., Валько Н. В., Давиденко Е. А. *STEM-освіта як шлях до інноваційного розвитку національної освіти*: матеріали Всеукр. наук.-практ. веб-конф. з міжнар. участю (28 жовтня 2018 р., м. Херсон) / за ред. А. М. Зубка. Херсон: КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2018. С. 56–61. *Особистий внесок здобувача: аналіз додатків віртуальної реальності для здійснення STEM-навчання.*

37. Валько Н. В. Опанування навичок створення програм у середовищі Scratch. *Проблеми математичної освіти (ПМО-2019)*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Черкаси, 12–12 квітня 2019 р.). Черкаси, 2019. С. 239–240. URL: <http://difur.in.ua/wp-content/uploads/2019/04/pmo-2019.pdf>.

38. Валько Н. В., Кузьмич Л. В. Інтерпретація, модель, методи доведень та досліджень шляхи реалізації міжпредметних зв'язків при вивченні математики. *Матеріали міжнародної наукової конференції МКММ. Херсон, 2019. С. 65. Особистий внесок здобувача: формулювання тверджень, що є ефективними носіями міжпредметних зв'язків основних математичних дисциплін, а також пошук відповідних математичних моделей у прикладних науках.*

39. Валько Н. В. Реалізація STEM-освіти засобами освітньої робототехніки. *Передові освітні практики: Україна, Європа, Світ*: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (16–17 листопада 2019 р., м. Київ). Київ, 2019. С. 384–388.

40. Валько Н. В., Кузьмич Л. В., Абдуллаєва Н. П. Визначення системи мотиваційних факторів до вивчення STEM-дисциплін. *Інформаційні технології та взаємодії*: матеріали доповідей VI Міжнар. наук.-практ. конф. (20 грудня, м. Київ). Київ, 2019. С. 351–353. *Особистий внесок здобувача: формулювання загальної методології дослідження та обробка результатів опитування.*

Навчально-методичне видання

41. Валько Н. В., Савченко О. Г., Кузьмич Л. В., Кавун Г. М. Оптимізаційні методи і моделі: інтерактивний комплекс забезпечення дисципліни. Херсон: Айлант, 2014. 430 с. *Особистий внесок здобувача: побудова математичних моделей окремих розділів.*

АНОТАЦІЯ

Валько Н. В. Система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.04 – теорія і методика професійної освіти. – Класичний приватний університет, Запоріжжя, 2020.

У дисертації подано теоретичне узагальнення наукової проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Визначено теоретико-методологічні засади дослідження; детерміновано й охарактеризовано сукупність організаційно-педагогічних умов, комплексно-методичне забезпечення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, а також визначено сукупність з дванадцяти принципів, дотримання яких сприятиме ефективній реалізації цієї системи.

Сформульовано й обґрунтовано *концепцію* підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності, яка відтворює авторське бачення змін, необхідних для її реалізації та уявлень про те, яким чином ці зміни повинні бути реалізовані.

Розроблено *структурно-функціональну модель*, яка є графічним відображенням авторського бачення системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій, її мети, концептуальних, теоретичних і методологічних засад, етапів організації та їх завдань, організаційно-педагогічних умов, а також критеріїв і рівнів оцінювання готовності майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності. Для реалізації концептуальних положень моделі визначено та обґрунтовано сукупність *організаційно-педагогічних умов*: 1) оновлення змісту професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до використання STEM технологій; 2) реалізація майбутніми вчителями природничо-математичних дисциплін STEM-проектів з робототехніки; 3) забезпечення в ході підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін їх соціальної взаємодії в професійному середовищі.

Подано методику *організації дослідно-експериментальної роботи* з перевірки ефективності системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій. Висвітлено хід констатувального, формувального та контрольного етапів педагогічного експерименту. Сформульовано висновки щодо ефективності авторської системи підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності.

Ключові слова: майбутні вчителі природничо-математичних дисциплін, система підготовки, організаційно-педагогічні умови, STEM-освіта, STEM технології.

АННОТАЦИЯ

Валько Н. В. Система подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.04 – теория и методика профессионального образования. – Классический частный университет, Запорожье, 2020.

В диссертации представлено теоретическое обобщение научной проблемы подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности. Определены теоретико-методологические основы исследования; детерминированы и охарактеризованы совокупность организационно-педагогических условий и комплексно-методическое обеспечение системы подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности, а также определена совокупность из двенадцати принципов, соблюдение которых будет способствовать эффективной реализации этой системы.

Сформулирована и обоснована *концепция* подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности, которая отображает авторское видение изменений, необходимых для ее реализации и представлений о том, каким образом эти изменения должны быть реализованы.

Разработана *структурно-функциональная модель*, которая является графическим отображением авторского видения системы подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий, ее цели, концептуальных, теоретических и методологических основ, этапов организации и их задач, организационно-педагогических условий, а также критериев и уровней оценки готовности будущего учителя естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности. Для реализации концептуальных положений модели определена и обоснована *совокупность организационно-педагогических условий*: 1) обновление содержания профессиональной подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к использованию STEM технологий; 2) реализация будущими учителями естественно-математических дисциплин STEM-проектов по робототехнике; 3) обеспечение в ходе подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин их социального взаимодействия в профессиональной среде.

Представлена *методика организации опытно-экспериментальной работы* по проверке эффективности системы подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий. Освещены ход констатирующего, формирующего и контрольного этапов педагогического эксперимента. Сформулированы выводы относительно эффективности авторской системы подготовки будущих учителей естественно-математических дисциплин к применению STEM технологий в профессиональной деятельности.

Ключевые слова: будущие магистры психологии, теоретико-методические основы, организационно-педагогические условия, технология подготовки, деятельность в неформальном образовании.

SUMMARY

Valko N. V. The system of training future teachers of natural-mathematical disciplines for the application of STEM-technologies in professional activities. – Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation for the degree of Doctor of Pedagogical Sciences, specialty 13.00.04 – Theory and Methodology of Professional Education. – Classic Private University, Zaporizhzhia, 2020.

The thesis presents a theoretical generalization of the scientific problem of training future teachers of natural-mathematical disciplines for the application of STEM technologies in professional activities. Theoretical and methodological bases of research are determined, the set of organizational and pedagogical conditions and complex-methodical maintenance of the system of preparation of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM technologies in professional activity are determined and characterized, and also the set of twelve principles which observance will promote the effective realization of the systems are determined.

The concept of training of future teachers of natural-mathematical disciplines for the application of STEM-technologies in professional activities is formulated and substantiated, which reproduces the author's vision of changes necessary for its implementation and ideas about how these changes should be implemented. The concept expresses the following characteristics of the phenomena of study: 1) features of the professional activity of the teacher of natural-mathematical disciplines in the conditions of STEM-education; 2) features of the process of training future teachers of natural-mathematical disciplines for the use of STEM-technologies; 3) the main stages of the process of preparation of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies; 4) a set of organizational and methodological principles that will ensure the effective implementation of the process of professional training of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies; 5) author's vision of the results of preparation of the future teacher of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies in professional activity.

To implement the author's idea, a structural-functional model has been developed, which is a graphic reflection of the author's vision of the system of preparation of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies, its purpose, conceptual, theoretical, and methodological principles, organizational and pedagogical stages. conditions, as well as criteria and levels for assessing the readiness of future teachers of natural-mathematical disciplines to apply STEM-technologies in professional activities. In the structure of the developed model, there are three subsystems: projective-target, organizational-activity, and analytical-effective. The projective-target subsystem of the proposed structural-functional model reproduces the links between the theoretical foundations, methodological principles, the author's concept of training, a set of training principles, content and structural components of future teacher readiness, as well as methodological support that together determine theoretical and methodological principles and directing the process of training future

teachers of natural-mathematical disciplines to apply STEM technologies in professional activities. The organizational and activity subsystem of the author's model reproduces the main stages, their tasks, and organizational and pedagogical conditions in which it is necessary to implement the process of preparing future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM technologies in professional activities. The analytical-performance subsystem of the developed structural-functional model reflects the author's vision of the final results of the process of preparation of future teachers of natural-mathematical disciplines for the application of STEM technologies in professional activities, which are embodied in criteria, indicators, and readiness levels.

The readiness of future teachers of natural-mathematical disciplines to apply STEM technologies in professional activities is determined through the pedagogical and technological structural components, each of which is characterized by knowledge, activity, and value-motivational content components.

The levels of readiness of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies in professional activities are established: beginner, intermediate, and high.

To implement the conceptual provisions of the author's model, a set of organizational and pedagogical conditions is defined and substantiated, which includes: 1) updating the content of professional training of future teachers of natural-mathematical disciplines to the application of STEM-technologies; 2) implementation by future teachers of natural-mathematical disciplines STEM-projects in robotics; 3) ensuring during the training of future teachers of natural-mathematical disciplines their social interaction in a professional environment.

The complex-methodical securement of the system of preparation of future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies in professional activity is defined.

The method of organization of research and experimental work on checking the effectiveness of the author's system of training future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies is presented. The process of the ascertaining, formative, and control stages of the pedagogical experiment is covered; the results of statistical analysis are presented. Conclusions concerning the effectiveness of the author's system of training future teachers of natural-mathematical disciplines for application of STEM-technologies in professional activities are formulated.

Key words: future teachers of natural-mathematical disciplines, training system, organizational and pedagogical conditions, STEM-education, STEM-technologies.

ВАЛЬКО НАТАЛІЯ ВАЛЕРІЇВНА

**СИСТЕМА ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ
ДИСЦИПЛІН ДО ЗАСТОСУВАННЯ STEM ТЕХНОЛОГІЙ
У ПРОФЕСІЙНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ**

13.00.04 – теорія і методика професійної освіти

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук

Підписано до друку 15.09.2020.

Формат 60×84/16. Папір друкарський. Друг різнографний. Гарнітура Times
Ум.-друк. арк. 1,8. Обл.-вид. арк. 1,8. Тираж 100 прим. Зам. № 17-2020/21АБ.

Видавець та виготовлювач
Класичний приватний університет
69002, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 70Б
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК, № 3321 від 25.11.2008