

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД  
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»

**ПІКАЛОВА Валентина Валеріївна**

УДК [004.94+51]:378.147

**ВИКОРИСТАННЯ ПАКЕТУ GEOGEBRA ЯК ІНСТРУМЕНТА  
РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ STEM-ОСВІТИ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ  
МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ**

13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата педагогічних наук

Старобільськ – 2021

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Роботу виконано в Криворізькому державному педагогічному університеті, Міністерство освіти і науки України.

**Науковий керівник –** доктор педагогічних наук, професор  
**Семеріков Сергій Олексійович,**  
Криворізький державний педагогічний  
університет, професор кафедри інформатики  
та прикладної математики.

**Офіційні опоненти:** доктор педагогічних наук, професор  
**Власенко Катерина Володимирівна,**  
Донбаська державна машинобудівна академія  
(м. Краматорськ), завідувач кафедри вищої  
математики та моделювання;

кандидат педагогічних наук  
**Федоренко Олена Георгіївна,**  
ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний  
університет» (м. Слов'янськ),  
доцент кафедри математики та інформатики.

Захист відбудеться 13 травня 2021 року о 13.00 годині на виїзному засіданні спеціалізованої вченої ради Д 29.053.01 Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (м. Старобільськ) за адресою: 93401, Луганська обл., м. Сєвєродонецьк, вул. Лисичанська, 1-б, мала конференц-зала.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» за адресою: 92703, м. Старобільськ, пл. Гоголя, 1.

Автореферат розіслано 12 квітня 2021 р.

**Учений секретар**  
спеціалізованої вченої ради

**Н. І. Черв'якова**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дослідження.** Підвищення якості природничо-математичної освіти є ключовим завданням для країн, які зорієнтовані на зміцнення конкурентоспроможності економіки та розвиток людського капіталу для забезпечення наукоємних виробництв і технологій. Визнаним індикатором стану природничо-математичної освіти (STEM-освіти) країни є міжнародні порівняльні дослідження її якості (PISA, TIMSS), які надають можливість звірити поступ національної системи освіти зі світовими тенденціями її розвитку. Так, останні дослідження PISA виявили тенденцію до суттєвого відставання України в природничій, а особливо математичній підготовці старшокласників. Результати вступних кампаній останніх років підтверджують зниження інтересу вступників до природничо-математичних спеціальностей, що створює стратегічні ризики для соціально-економічного та технологічного розвитку України. Так, у 2020 році до десяти найпоширеніших спеціальностей, обраних абітурієнтами, увійшли лише дві, що стосуються природничо-математичної освіти, причому лише одного з її складників – інформаційних технологій. Необхідність зростання престижності STEM-освіти як запоруки розвитку країни зумовлює потребу в підвищенні якості професійної підготовки майбутніх учителів STEM-дисциплін.

Стратегічні завдання з підготовки майбутнього вчителя визначено в законах України «Про освіту», «Про вищу освіту», у Концепції розвитку педагогічної освіти та інших нормативних документах, у яких до пріоритетних напрямів реформування освіти віднесено досягнення якісно нового рівня математичної освіти шляхом запровадження прогресивних концепцій, оптимального поєднання гуманітарного та природничо-математичного складників освіти, використання новітніх педагогічних та інформаційних технологій, підготовку нової генерації педагогічних кадрів. Прийнята в Україні Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) базується на документах ЮНЕСКО, зокрема Інчхонській декларації «Освіта 2030», де STEM-освіту визнано ключовою стратегією досягнення цілей сталого розвитку. Концепція передбачає її широкомасштабне впровадження на всіх рівнях освіти, відзначає ключову роль математики у STEM-освіті та наголошує на необхідності суттєвих змін у системі підготовки, зокрема, майбутніх учителів математики.

Отже, існує суспільний запит і законодавчо обґрунтована необхідність підвищення якості професійної підготовки майбутніх учителів математики через реалізацію концепції STEM-освіти.

Проблеми підвищення якості математичної освіти в середній і вищій школі та професійної підготовки майбутніх учителів математики є предметом досліджень К. Власенко, Р. Гуревича, М. Жалдака, Н. Морзе, С. Ракова, Ю. Рамського, О. Семеніхіної, С. Семерікова, О. Співаковського, Ю. Триуса та ін. Професійну підготовку майбутніх учителів математики до реалізації STEM-освіти розглянуто в працях В. Ачкана, Н. Балик, Н. Валько, Т. Крамаренко та ін.

Дидактичний потенціал і практичні аспекти застосування систем комп'ютерної математики в освітньому процесі з математичних дисциплін

розкрито в студіях В. Бикова, Л. Білоусової, В. Величка, В. Гороха, М. Жалдака, Т. Кобильника, У. Когут, О. Колгатіна, Т. Крамаренко, М. Мар'єнко, С. Ракова, Н. Рашевської, О. Семеніхіної, С. Семерікова, К. Словак, О. Спіріна, О. Федоренко, М. Шишкіної, С. Шокалюк та ін. Методиці використання систем комп'ютерної математики в підготовці майбутніх учителів математики присвячено наукові розвідки К. Власенко, Л. Гризун, Т. Годованюк, О. Гриб'юк, М. Друшляк, О. Семеніхіної та ін.

Дослідники вказують на значний дидактичний потенціал систем комп'ютерної математики педагогічного призначення, таких як пакети GRAN та GeoGebra, у реалізації STEM-освіти у вищій та середній школі. Разом з тим проблема ефективного використання зазначених систем як інструментів упровадження STEM-освіти в практику професійної підготовки майбутніх учителів математики на цей час залишається недостатньо розробленою і в теоретичній, і в практичній площинах.

Проведений аналіз дозволив виявити *протиріччя* між: запитом суспільства на підвищення якості природничо-математичної освіти та її незадовільним станом на ключовому рівні – рівні загальної середньої освіти; визнанням STEM-освіти провідним напрямом модернізації природничо-математичної освіти й недостатнім рівнем упровадження STEM-підходу в процес професійної підготовки майбутнього вчителя математики; потенціалом пакету GeoGebra для реалізації STEM-навчання математики й нерозробленістю науково обґрунтованих підходів до ефективного використання пакету GeoGebra як інструменту реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

Актуальність окресленої проблеми, її недостатня розробленість у педагогічній теорії та практиці, а також необхідність розв'язання виокремлених протиріч зумовили вибір теми дисертаційної роботи: **«Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти у процесі підготовки майбутніх учителів математики»**.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертацію виконано згідно з планом науково-дослідної роботи Криворізького державного педагогічного університету в межах комплексної теми «Теоретико-методичні основи використання мобільних інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні» (РК № 0116U001867) та відповідно до плану роботи спільної науково-дослідної лабораторії з питань використання хмарних технологій в освіті Криворізького державного педагогічного університету та Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України (м. Київ). Тему уточнено на засіданні Вченої ради Криворізького державного педагогічного університету (протокол № 05 від 10 грудня 2020 року).

**Об'єкт дослідження** – реалізація концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

**Предмет дослідження** – педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

**Гіпотеза дослідження.** Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики набуде ефективності, якщо розробити та впровадити науково обґрунтовані педагогічні умови, що полягають у: створенні хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації, підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra; уведенні в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; застосуванні комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання на основі організації їхньої позааудиторної роботи, залучення до діяльності GeoGebra-спільноти та використання індивідуального і групового коучингу.

Відповідно до мети й гіпотези визначено такі основні **завдання дослідження**:

1. Розкрити сутність концепції STEM-освіти та проаналізувати досвід її впровадження в практику підготовки майбутніх учителів математики.

2. Схарактеризувати освітньо-розвивальний потенціал та особливості пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

3. Теоретично обґрунтувати педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

4. Розробити критеріально-діагностичний апарат для перевірки ефективності обґрунтованих педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти та провести педагогічний експеримент з перевірки їхньої ефективності.

**Теоретико-методологічні засади дослідження** становлять положення філософії освіти (В. Андрющенко, В. Кремень, В. Курило); інноваційних технологій в освіті (Н. Волкова, І. Дичківська, О. Пехота); професійної підготовки майбутнього вчителя математики (М. Жалдак, І. Лов'янова, О. Матяш, Ю. Рамський, О. Семеніхіна, С. Скворцова), зокрема організації самостійної роботи студентів (В. Буряк, О. Колгатін, О. Малихін); цифровізації освітнього процесу у ЗВО (В. Биков, К. Власенко, М. Жалдак, О. Колгатін, В. Кухаренко, О. Меньяйленко, Н. Морзе, Л. Панченко, Ю. Рамський, І. Роберт, О. Спірін, О. Федоренко); використання хмарних технологій в освіті (В. Биков, Т. Вакалюк, К. Власенко, Т. Волошина, С. Литвинова, М. Мар'єнко, Н. Морзе, З. Сейдаметова, С. Семеріков, О. Спірін, А. Стрюк, Ю. Триус, М. Шишкіна); використання ІКТ у математичній освіті (В. Биков, Л. Білоусова, Ю. Горошко, Л. Гризун, Р. Гуревич, М. Жалдак, Н. Житеньова, Т. Кобильник, С. Раков, Ю. Рамський, Н. Рашевська, О. Семеніхіна, К. Словак, О. Співаковський,

Ю. Триус, С. Шокалюк); реалізації STEM-освіти (Н. Валько, Ж. Лавіца (Z. Lavicza), Н. Морзе, І. Сліпухіна, О. Струтинська, К. Фенівеші (K. Fenyvesi), М. Хохенвратер (M. Hohenwraater), І. Чернецький).

Досягненню мети й реалізації завдань дослідження сприяло застосування **комплексу методів дослідження**: *теоретичних* – аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення наукової літератури з метою виявлення стану розробленості теми дисертаційної роботи та уточнення понятійно-термінологічного апарату; аналіз досвіду реалізації STEM-освіти в підготовці майбутніх учителів математики; узагальнення та систематизація теоретичних положень для обґрунтування педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики; *емпіричних* – спостереження, анкетування, тестування, опитування, аналіз результатів виконання контрольних та індивідуальних навчально-дослідних завдань для виявлення ефективності використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти; педагогічний експеримент з метою перевірки розроблених педагогічних умов; *методи математичної статистики* для визначення статистичної значущості отриманих результатів експерименту.

**Експериментальна база дослідження.** Дослідно-експериментальну роботу проведено протягом 2015 – 2020 років на базі Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди, Криворізького державного педагогічного університету, Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського, Волинського національного університету імені Лесі Українки, Чернігівського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти імені К. Д. Ушинського, Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». На різних етапах дослідження було залучено 343 студенти та 26 викладачів.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у тому, що: *вперше* теоретично обґрунтовано педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики: створення хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації, підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra; уведення в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; застосування комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання на основі організації їхньої позааудиторної роботи, залучення до діяльності GeoGebra-спільноти та використання індивідуального й групового коучингу; визначено критеріально-діагностичний апарат для оцінки ефективності запропонованих педагогічних умов; *уточнено* освітньо-розвивальний потенціал пакету GeoGebra у STEM-освітній підготовці майбутнього вчителя математики; *удосконалено* STEM-орієнтовані методи й форми організації навчання майбутніх учителів математики; *набули подальшого розвитку* теоретико-

методичні засади реалізації STEM-освіти в підготовці майбутніх учителів та використання систем комп'ютерної математики для реалізації навчальних досліджень.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в їхній достатній готовності до впровадження в процес підготовки майбутніх учителів математики в закладах вищої освіти; локалізовано пакет GeoGebra українською мовою; розроблено навчально-методичне забезпечення використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики в педагогічних закладах вищої освіти: навчальний посібник з опанування пакету динамічної математики GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти; комплекти дослідницьких завдань і навчальних моделей для проведення STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; хмаро орієнтований комплекс міждисциплінарних моделей, представлений у GeoGebra Book; завдання для індивідуальної STEM-орієнтованої навчально-дослідницької діяльності студентів з використанням GeoGebra-моделювання (тематичні розробки, сценарії, презентації, добірки аудіо- та відеоматеріалів тощо).

Результати дослідження можуть бути використані в процесі підготовки майбутніх учителів STEM-дисциплін; у системі післядипломної педагогічної освіти та підвищення кваліфікації вчителів математики; у системі неформальної освіти; у навчанні математичних дисциплін у закладах загальної середньої освіти, а також позашкільній освіті.

Результати дослідження **впроваджено** в освітній процес ЗВО України й підтверджено довідками про впровадження: Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди (довідка № 01/10-599 від 10.12.2020 р.), Криворізького державного педагогічного університету (довідка № 09/1-156/3 від 22.02.2021 р.), Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського (довідка № 06/05 від 02.02.2021 р.), Волинського національного університету імені Лесі Українки (довідка № 03-28/02/215 від 28.01.2021 р.), Чернігівського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти імені К. Д. Ушинського (довідка № 20/01-13/88 від 01.02.2021 р.), Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (довідка № 66-01-324/7 від 01.02.2021 р.).

**Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві,** полягає в: розробці інтегрованої моделі організації залучення студентів до навчально-дослідницької діяльності [7], комплекту завдань STEM-орієнтованих навчальних досліджень [6], технології локалізації пакету GeoGebra та методико-дидактичних матеріалів українською мовою [9], комплекту завдань для STEM-орієнтованих досліджень з використанням пакету GeoGebra [13], рекомендацій щодо роботи з онлайн-матеріалами курсу з використання пакету GeoGebra у викладанні математики [12], системи підготовки майбутнього вчителя математики до використання пакету GeoGebra в майбутній професійній діяльності [16], структури навчально-методичного забезпечення використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики [22], концептуальній ідеї розробки

та запровадження міждисциплінарного науково-дослідницького STEAM-проєкту [19; 20].

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися на конференціях різного рівня: *Міжнародних* – International Conference Computer Algebra and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education (Глубока над Влтаву, Чехія, 2010), International Conference GeoGebra (Варшава, Польща, 2012), III конференції «Проблеми теорії і практики дистанційного і електронного образования» (Ялта, 2014), GeoGebra: Global Gathering Conference (Лінц, Австрія, 2015), Sixth Central- and Eastern European Conference Computer Algebra- and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education (CADGME 2016) (Тиргу-Муреш, Румунія, 2016), V конференції «Математика. Інформаційні технології. Освіта» (Луцьк, 2016), East West Conference Mathematics Education (EWCOME 2017, 2018) (Варшава, Польща, 2017, 2018), 15<sup>th</sup> International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (Херсон, 2019), Education Conference «Gamification and Creativity in STEAM» (Лінц, Австрія, 2019); *Всеукраїнських* – V конференції «Методологія сучасних наукових досліджень» (Харків, 2008), VI конференції «Інформаційні технології в освіті» (Мелітополь, 2014); конференції «Інформаційні технології в освітньому процесі» (Чернігів, 2020); засіданнях кафедри інформатики та прикладної математики Криворізького державного педагогічного університету, кафедри математики Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди.

**Публікації.** Результати дослідження висвітлено у 22 публікаціях, з них 12 – одноосібні; 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття в науковому періодичному виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Scopus, 1 стаття в зарубіжному періодичному виданні, 1 навчальний посібник.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (264 найменування, із них 82 – іноземними мовами), 9 додатків на 37 сторінках, 15 рисунків та 16 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 266 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ**

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації; визначено об'єкт, предмет, мету, гіпотезу, завдання та методи; розкрито теоретико-методологічні засади дослідження, наукову новизну, теоретичне та практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про впровадження та апробацію результатів роботи.

У першому розділі – **«Теоретичні засади використання ІКТ у реалізації STEM-освіти в підготовці майбутніх учителів математики»** – розкрито сутність концепції STEM-освіти, проаналізовано досвід її впровадження в практику підготовки майбутніх учителів математики.

На підставі аналізу психолого-педагогічної літератури з'ясовано, що STEM-освіта виникла як реакція на виклик, зумовлений надшвидким розвитком технологій, що спричиняє необхідність орієнтації освіти на випереджальне



задоволення потреб сучасної економіки у фахівцях, здатних забезпечувати її розвиток на високотехнологічних засадах. У дисертації проаналізовано досвід упровадження STEM-освіти у США, Франції, Великій Британії, Австралії, Ізраїлі, Китаї, Сінгапурі, Гонконгу, Канаді та інших країнах. В Україні STEM-освіта розглядається як пріоритетний напрям розвитку природничо-математичної освіти, що проголошено у відповідній Концепції.

Вивчення праць вітчизняних (Н. Балик, О. Барна, Ю. Ботузова, Н. Валько, В. Величко, К. Власенко, О. Гриб'юк, М. Друшляк, Т. Крамаренко, Н. Морзе, О. Патрикєєва, О. Семеніхіна, В. Юнчик) та зарубіжних дослідників (Р. Байдук (R. Baiduc), М. Гаррісон (M. Harrison), Б. Коппола (B. Coppola), Д. Ленгдон (D. Langdon), Р. Лінсермайєр (R. Linsenmeier), Б. Мінс (B. Means), Н. Морель (N. Morel), Н. Руджері (N. Ruggeri), М. Сандерс (M. Sanders), К. Шваб (K. Schwab)) показало, що теоретичні засади STEM-освіти розвиваються спільними зусиллями науковців і освітян у процесі набуття і з урахуванням практичного досвіду.

Установлено, що, попри розбіжності у стратегіях реалізації STEM-освіти в різних країнах, у тлумаченні термінологічного апарату спільними є розуміння мети STEM-освіти (підвищення якості людського капіталу через формування та розвиток в учнів і студентів STEM-компетентностей і природничо-наукової картини світу), її ключових засад (інтегративного, міждисциплінарного, трансдисциплінарного, діяльнісного, компетентнісного, особистісно зорієнтованого та дослідницького підходів) та очікуваного результату в особистісному (набуття компетентностей із практичного застосування природничо-наукових, математичних, інформатичних та інженерних знань і вмінь для розв'язання практичних проблем у навчальній та професійній діяльності) та суспільному вимірах (підвищення конкурентоспроможності країни на міжнародному ринку високих технологій).

Виходячи із зазначеного, у межах дослідження прийнято розуміння STEM-освіти як інноваційної моделі природничо-математичної освіти ХХІ століття, а її впровадження – як широкомасштабного світового експерименту, у ході якого визначається змістова компонента моделі (здійснюється відбір і структуризація змісту освіти), апробується процесуальна компонента (використовувані форми, методи, засоби навчання, специфіка організації освітнього процесу в його конкретних аспектах), уточнюється концептуальна основа (термінологічний апарат, засадничі принципи тощо).

Показано, що математиці належить інтегрувальна роль у комплексі STEM-дисциплін, яка зумовлена універсальністю математичного апарату, математизацією різних галузей знань; істотним впливом математичної освіти на розумовий, морально-вольовий та естетичний розвиток особистості; винятковою значущістю математичного моделювання та обчислювального експерименту на його основі як провідного методу науково-дослідницької, інженерно-технічної та практичної діяльності людини. Останнє визначає провідну роль систем комп'ютерної математики в реалізації міждисциплінарних STEM-проектів.

Узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду впровадження STEM-освіти в систему підготовки майбутніх учителів математики, природничих наук та технологій показало необхідність проведення подальших розвідок у контексті модернізації вищої педагогічної освіти на засадах реалізації концепції STEM-освіти, зокрема теоретичного обґрунтування педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента її реалізації.

У другому розділі – **«Обґрунтування педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики»** – висвітлено особливості реалізації STEM-освіти в підготовці майбутніх учителів математики; схарактеризовано освітньо-розвивальний потенціал та особливості пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти; теоретично обґрунтовано педагогічні умови його використання.

За результатами теоретичного аналізу доведено, що особлива роль математики зумовлює доцільність реалізації STEM-освіти насамперед у процесі фундаментальної математичної підготовки майбутніх учителів математики. Показано, що провідним шляхом реалізації STEM-освіти постає спеціально організована дослідницько-проектна діяльність, головною ознакою якої є конструювання суб'єктом системи знань у процесі набуття й осмислення власного досвіду такої діяльності. Організація дослідницько-проектної діяльності потребує конструювання спільнот, учасники яких володіють засобами ІКТ для проведення теоретичних та емпіричних досліджень. Це зумовлює необхідність оволодіння майбутніми вчителями соціально-конструктивістськими технологіями організації комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень та методиками формування комплексу дослідницьких компетентностей як складників системи STEM-компетентностей.

Схарактеризовано освітньо-розвивальний потенціал та визначальні особливості пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики: позиціювання пакету як системи комп'ютерної математики, зорієнтованої на підтримку навчально-дослідницької діяльності учнів та студентів; розвиненість функціоналу пакету й неперервність його вдосконалення, здійснюваного міжнародним колективом розробників; широкий діапазон застосувань у STEM-освіті та її відгалуженнях (STEAM, STREAM та інших), у науково-дослідницькій і практичній діяльності різного спрямування; вільне поширення повнофункційної версії пакету українською мовою; незалежність від апаратури та операційної системи; наявність хмаро орієнтованої версії; велика база вільно поширюваних освітніх STEM-ресурсів, створених відкритою GeoGebra-спільнотою; можливість візуалізації комп'ютерних моделей у віртуальній і доповненій реальності та їх матеріалізації засобами 3D-друку. 20-річна історія використання пакету GeoGebra у математичній освіті виявила синергетичний ефект його застосування – спадковість STEM-застосувань: затребуваність набутих майбутнім учителем математики вмій і навичок застосування GeoGebra не лише в подальшій професійній діяльності, а й поза її межами.

Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти потребувало розробки та обґрунтування комплексу педагогічних умов, запровадження яких забезпечує ефективність такого використання.

Виходячи з того, що STEM-освіта є багатоцільовою концепцією, у процесі розробки педагогічних умов головну увагу було зосереджено на *цільях*, досягненню яких сприяло використання саме пакету GeoGebra: розвиток мотивації студентів до набуття математичної освіти, формування переконань у її значущості та дієвості математичних знань, оволодіння дослідницькими компетентностями, набуття здатності до самоосвіти й бажання самостійно нарощувати власний освітній потенціал.

З урахуванням зазначеного розроблено й теоретично обґрунтовано *комплекс педагогічних умов* використання GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

*Перша педагогічна умова* – створення хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації, підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra: навчально-пізнавальної, навчально-дослідницької, науково-дослідницької, проєктної.

*Друга педагогічна умова* – уведення в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra, який побудований на засадах технологічного підходу, передбачає поетапне залучення студентів до дослідження математичних об'єктів, об'єктів з інших дисциплін, об'єктів навколишнього світу й водночас до поступового оволодіння дослідницьким інструментарієм пакету GeoGebra.

*Третя педагогічна умова* – застосування комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання на основі організації їхньої позааудиторної роботи, залучення до діяльності GeoGebra-спільноти та використання індивідуального й групового коучингу.

У межах позааудиторної роботи передбачено залучення студентів до:

- ознайомлення з додатковими (позапрограмними) матеріалами, що розкривають значущість математики, цінність математичного моделювання, широту її застосувань у різних сферах людської діяльності, зокрема і творчій;

- підготовки нестандартних заходів для популяризації таких відомостей; створення ілюстративної підтримки таких заходів із використанням пакету GeoGebra;

- діяльності GeoGebra-спільноти, що сприяє трансферу педагогічних ідей і технологій, а також залученню студентів до розробки GeoGebra-моделей, GeoGebra-проєктів, проведення і презентації власних GeoGebra-досліджень як особистого внеску у відкриті світові GeoGebra-ресурси: можливість бачити власні результати на сайті, брати участь у наукових та науково-методичних розробках викладачів додає впевненості студенту у значущості знань, які він отримує в освітньому процесі та в процесі дослідницько-проєктної або наукової роботи.

Використання індивідуального і групового коучингу сприяє: розкриттю особистісного потенціалу майбутнього вчителя математики, стимулюванню його самостійної пізнавальної діяльності, підвищенню практичної значущості та затребуваності отриманих результатів комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra.

Обґрунтовані педагогічні умови є взаємопов'язаними, взаємозумовленими і взаємодоповнювальними, що зумовлює необхідність їхньої комплексної реалізації.

У третьому розділі – **«Організація, проведення і результати педагогічного експерименту»** – розкрито особливості підготовки, організації та проведення експериментального дослідження ефективності запропонованих педагогічних умов, проаналізовано отримані результати.

Мета експерименту полягала в перевірці ефективності застосування обґрунтованих педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

На *підготовчому* етапі експериментальної роботи (2015 – 2017 рр.) розроблено навчально-методичне забезпечення використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики в педагогічних закладах вищої освіти: навчальний посібник з опанування пакету динамічної математики GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти; комплекти дослідницьких завдань і навчальних моделей для проведення STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; хмаро орієнтований комплекс міждисциплінарних моделей, представлений у GeoGebra Book; завдання для індивідуальної STEM-орієнтованої навчально-дослідницької діяльності студентів з використанням GeoGebra-моделювання; тематика STEM проєктів з використанням пакету GeoGebra; робочі матеріали для організації позааудиторної STEM-орієнтованої роботи студентів з використанням GeoGebra-моделювання у форматі дискусійного клубу (тематичні розробки, сценарії, презентації, добірки аудіо- та відеоматеріалів тощо).

Розроблено критерії та показники сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти: *мотиваційно-ціннісний* (усвідомлення майбутніми вчителями цінності математичних знань, математичного апарату як основи комп'ютерних досліджень будь-яких об'єктів; мотивація до оволодіння математикою; готовність до подолання труднощів); *праксіологічний* (уміння майбутніх учителів покроково планувати комп'ютерне дослідження, застосовуючи технологію його проведення; уміння раціонально застосовувати функціонал GeoGebra для проведення дослідження; уміння аналізувати його результати й робити висновки); *метакогнітивний* (здатність майбутніх учителів критично оцінювати рівень власних знань для вирішення поставленої проблеми; уміння ефективно використовувати різні способи набуття знань; прагнення до постійного освітнього зростання; здатність до застосування пакету GeoGebra для проведення трансдисциплінарних досліджень).

Кожен із показників описано на трьох рівнях сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти: *репродуктивному* (здатність до використання пакету GeoGebra для проведення предметних математичних досліджень за розробленим викладачем планом), *частково-пошуковому* (здатність до використання пакету GeoGebra для проведення самостійних і колаборативних предметних математичних досліджень та міжпредметних досліджень за підтримки викладача) та *творчому* (здатність до використання пакету GeoGebra для проведення самостійних і колаборативних трансдисциплінарних досліджень), розроблено засоби їхньої діагностики.

Констатувальний та формувальний етапи педагогічного експерименту проведено на базі Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди та Криворізького державного педагогічного університету.

На *констатувальному* етапі (2018 р.) сформовано експериментальну (ЕГ) та контрольну (КГ) групи; доведено відсутність статистично значущої на рівні 0,05 різниці в рівнях сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти.

На *формувальному* етапі (2018–2020 рр.) реалізовано заходи з упровадження обґрунтованих педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти та апробації комплексу навчально-методичних матеріалів. Завдання етапу включали також апробацію комплексу дидактичних матеріалів, що забезпечують упровадження зазначених педагогічних умов; відстежування динаміки процесу використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики. Педагогічний експеримент проводився в природних умовах педагогічного процесу із залученням студентів експериментальної групи. Студенти контрольної групи навчалися за традиційною методикою.

Для реалізації *першої педагогічної умови* на основі використання спеціально дібраних і розроблених на підготовчому етапі експериментальної роботи програмних, інформаційних, дидактико-методичних ресурсів було створено хмаро орієнтоване освітнє середовище для організації, підтримки й супроводу різних видів самостійної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra (навчально-пізнавальної, навчально-дослідницької, науково-дослідницької, проєктної).

Для реалізації *другої педагогічної умови* розроблено та впроваджено практикум із проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень із використанням пакету GeoGebra. Практикумом було передбачено послідовне оволодіння майбутніми вчителями математики технологією проведення досліджень і дослідницьким інструментарієм пакету GeoGebra в процесі поетапного залучення до дослідження математичних об'єктів, об'єктів з інших дисциплін, реальних об'єктів з опорою на спеціально створену й постійно оновлювану базу навчальних моделей. Для підтримки і спрямування самостійної роботи студентів у процесі виконання практикуму використано

навчально-методичний посібник. Кожне дослідження, виконуване студентом, складалося з трьох етапів. На першому етапі він залучався до побудови візуальної моделі математичного об'єкта в GeoGebra-середовищі, керуючись указівками до її побудови (наданою в практикумі таблицею побудови динамічного креслення, яка містить покроковий опис побудови, коментарі та ілюстрації до неї) й опановуючи в такий спосіб певний інструментарій GeoGebra. Далі студент виконував дослідження математичного об'єкта за наданим покроковим планом, який відтворював технологію проведення дослідження. Кожен крок супроводжувався запитаннями, які привертали увагу студента до суті отриманого результату. Другий етап дослідження студент здійснював за допомогою тієї самої моделі, але з її використанням для вивчення міжпредметного об'єкта, що вимагало активізації знань з інших дисциплін. Поставлені запитання спрямовувались на залучення студента до аналізу та осмислення отриманих результатів, пробудження його інтересу та ініціативи щодо його задоволення. Третій етап виводив на трансдисциплінарний рівень дослідження і стосувався реального об'єкта, вимагав прояву комплексу набутих знань. Запитання, які ставились до студента, мали на меті збуджувати його природну допитливість, спонукати до вироблення плану подальших досліджень, можливо, з модифікацією створеної моделі.

Для реалізації *третьої педагогічної умови* розроблено та застосовано комплекс засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання. Зокрема, організацію позааудиторної роботи здійснено у форматі дискусійного клубу, де провідним методом пізнавальної діяльності стало GeoGebra-моделювання. Також відбувалося залучення студентів до діяльності GeoGebra-спільноти через розробку GeoGebra-моделей і презентацію власних GeoGebra-досліджень як особистого внеску у відкриті світові GeoGebra-ресурси, зокрема GeoGebra Book, з метою обміну ідеями й технологіями, а також упровадження й адаптації продуктивного міжнародного досвіду в освітній процес підготовки майбутнього вчителя математики до використання пакету GeoGebra в STEM-освіті, що відіграло роль потужного мотиваційного чинника для студентів. Клубний формат сприяв зростанню різноманітних взаємодій між викладачами і студентами на засадах взаємоповаги й довіри, установленню партнерських взаємин між ними, реалізації індивідуального та групового коучингу, що знаходило прояв у персоналізованому консультуванні студентів, спрямуванні їх на отримання значущих освітніх результатів, залученні до розробки практично затребуваних STEM-проектів, до спільного з викладачами виконання повноцінних наукових STEM-досліджень, і тривало впродовж усього циклу підготовки майбутнього вчителя математики.

Після завершення експериментальної роботи визначено рівень сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти (таблиця 1).

На *контрольному* етапі проаналізовано результати проведеного експерименту. Отримані результати дозволили стверджувати про позитивний вплив упровадження розроблених педагогічних умов на рівень сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як

інструмента реалізації концепції STEM-освіти. Перевірку здійснено за допомогою критерію узгодженості Пірсона, який підтвердив, що чинник відмінності розподілів студентів КГ і ЕГ є статистично значущим на рівні 0,05. Отже, було підтверджено гіпотезу дослідження, що використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики набуде ефективності за умов реалізації обґрунтованих педагогічних умов.

Таблиця 1

**Розподіл студентів спеціальності 014.04 Середня освіта (математика) за рівнем сформованості здатності до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти після формульованого етапу педагогічного експерименту (у %)**

| критерії \ рівні      | КГ             |                    |         | ЕГ             |                    |         |
|-----------------------|----------------|--------------------|---------|----------------|--------------------|---------|
|                       | Репродуктивний | Частково-пошуковий | Творчий | Репродуктивний | Частково-пошуковий | Творчий |
| Мотиваційно-ціннісний | 37,7           | 39,3               | 23,0    | 19,4           | 38,7               | 41,9    |
| Практиологічний       | 42,6           | 37,7               | 19,7    | 16,1           | 40,3               | 43,6    |
| Метакогнітивний       | 42,6           | 36,1               | 21,3    | 17,7           | 37,1               | 45,2    |

Отримані результати дослідження дають підстави зробити такі **висновки**:

У дисертації запропоновано вирішення наукової проблеми обґрунтування педагогічних умов використання GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики. Узагальнення результатів теоретичного пошуку і проведеного педагогічного експерименту дає підставу зробити такі **висновки**.

1. Аналіз психолого-педагогічної літератури показав, що STEM-освіта є інноваційним підходом, що впроваджується та розвивається спільними зусиллями науковців і освітян багатьох країн світу, зацікавлених у розвитку наукоємних виробництв і високих технологій. STEM-освіта поширюється на всі освітні рівні, що зумовлює особливе значення її впровадження в систему підготовки майбутнього вчителя, оскільки саме вчитель є головним рушієм змін в освіті.

STEM-освіту визначено як інноваційну модель природничо-математичної освіти XXI століття, а її впровадження – як широкомасштабний світовий експеримент, у ході якого визначається змістова компонента моделі (здійснюється відбір і структуризація змісту освіти), апробується процесуальна компонента (використовувані форми, методи, засоби навчання, специфіка організації освітнього процесу в його конкретних аспектах), уточнюється концептуальна компонента (термінологічний апарат, засадничі принципи тощо).

Виокремлено інтегративний, діяльнісний та технологічний підходи як ключові для STEM-освіти. Показано, що збільшення обсягу і значущості самостійної дослідницької роботи потребує її раціональної організації на технологічних засадах.

Проаналізовано потенціал математики як STEM-дисципліни у шкільній та університетській освіті. Визначено інтегрувальну роль математики в комплексі STEM-дисциплін, зумовлену універсальністю математичного апарату, повсюдністю його використання, математизацією різних галузей знань; істотним впливом математичної освіти на розумовий, морально-вольовий та естетичний розвиток особистості; винятковою значущістю математичного моделювання та обчислювального експерименту на його основі як провідного методу науково-дослідницької, інженерно-технічної та практичної діяльності людини.

Окреслено проблеми в підготовці вчителів математики до впровадження елементів STEM-навчання, які зумовлюють необхідність проведення теоретичних обґрунтувань і розвідок щодо модернізації вищої педагогічної освіти в контексті ефективного впровадження STEM-концепції.

2. Розкрито освітньо-розвивальний потенціал та визначальні особливості пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики: позиціонування пакету як системи комп'ютерної математики, орієнтованої на підтримку навчально-дослідницької діяльності; потужність пакету і неперервність його вдосконалення, здійснюваного міжнародним колективом розробників; широкий діапазон застосувань у STEM-освіті та її відгалуженнях (STEAM, STREAM та інших), у науково-дослідницькій і практичній діяльності різного спрямування; вільне поширення повнофункційної версії пакету українською мовою; незалежність від апаратури та операційної системи; наявність хмаро орієнтованої версії; велика база вільно поширюваних освітніх STEM-ресурсів, створених відкритою GeoGebra-спільнотою; можливість візуалізації комп'ютерних моделей у віртуальній і доповненій реальності та їх матеріалізації засобами 3D-друку.

3. Розроблено й теоретично обґрунтовано педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики: створення хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації, підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra; уведення в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; застосування комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання на основі організації їхньої позааудиторної роботи, залучення до діяльності GeoGebra-спільноти та використання індивідуального й групового коучингу.

4. Проведено педагогічний експеримент для перевірки ефективності обґрунтованих педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів



математики. Розроблено критерії та показники сформованості здатності майбутніх учителів математики до використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти: мотиваційно-ціннісний (усвідомлення майбутніми вчителями цінності математичних знань, математичного апарату як основи комп'ютерних досліджень будь-яких об'єктів; мотивація до оволодіння математикою; готовність до подолання труднощів); практиологічний (уміння майбутніх учителів покроково планувати комп'ютерне дослідження, застосовуючи технологію його проведення; уміння раціонально застосовувати функціонал GeoGebra для проведення дослідження; уміння аналізувати його результати й робити висновки); метакогнітивний (здатність майбутніх учителів критично оцінювати рівень власних знань для вирішення поставленої проблеми; уміння ефективно використовувати різні способи набуття знань; прагнення до постійного освітнього зростання; здатність до застосування пакету GeoGebra для проведення трансдисциплінарних досліджень). Схарактеризовано репродуктивний, частково-пошуковий та творчий рівні сформованості за кожним із критеріїв, розроблено шкали для їх вимірювання, визначено та дібрано діагностичний інструментарій. Опрацювання експериментальних даних здійснено з використанням методів математичної статистики. Отримані результати засвідчили ефективність обґрунтованих педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

Виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів аналізованої проблеми. До перспективних напрямів подальших наукових розвідок нами віднесено розробку моделі професійної підготовки майбутніх учителів математики на засадах інтегративного підходу, методичних засад реалізації STEM-освіти в навчанні майбутніх учителів фізики, інформатики та технологій.

#### **Основні результати дослідження відображено в таких публікаціях:**

1. **Пікалова В. В.** Відкриття геометрії засобами динамічної геометрії. *Науковий часопис Нац. пед. ун-ту імені М. П. Драгоманова*, Сер. 2, Вип. 4, 2001. С. 119 – 127.
2. **Пікалова В. В.** Підтримка навчальних досліджень у курсі геометрії засобами пакета DG. *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 4(28), 2003. С. 34 – 40.
3. **Пікалова В. В.** Реалізація STEAM-освіти в проєктній діяльності майбутнього вчителя математики. Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету, Вип. 9, 2020. С. 95 – 103. DOI: 10.28925/2414-0325.2020.9.8
4. **Пікалова В. В.** Організація позааудиторної роботи майбутніх учителів математики в середовищі GeoGebra. *Педагогічні науки*, Вип. 92, 2020. С. 68 – 73.
5. **Пікалова В. В.** GeoGebra як інструмент упровадження STEM орієнтованих досліджень у практику підготовки майбутнього вчителя математики. *Науковий часопис Нац. пед. ун-ту імені М. П. Драгоманова*, Сер. 2, Вип. 22(29), 2020. С. 134 – 139.

6. Bilousova L. I., Gryzun L. E., Zhytienova N. V., **Pikalova V. V.** Search algorithms learning based on cognitive visualization. *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 2387, 2019. P. 472 – 478. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190472.pdf>. (Scopus)

7. Bauch M., **Pikalova V.** Exploring linear functions: representational relationships. *International Journal Information Technologies and Knowledge*, Vol. 1, 2007. P. 67 – 71.

8. **Пикалова В. В.** Сотрудничество с Международным институтом GeoGebra как инструмент совершенствования математической подготовки будущего педагога. *Образовательные технологии и общество*, Том 16(1), 2013. С. 564 – 574. URL: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/v16\\_i1/html/12.htm](http://ifets.ieee.org/russian/depository/v16_i1/html/12.htm).

9. **Пикалова В. В.**, Токарева А. В. Шляхи інтеграції – створення та підтримка освітніх середовищ відкритого доступу в мережі Інтернет. *V наук.-практ. конф. молодих учених «Методологія сучасних наукових досліджень»*, Харків, 2008. С. 92 – 93.

10. **Pikalova V.** Teaching and Exploring Geometry with GeoGebra. *Proceedings of the International Conference Computer Algebra and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education*, University of South Bohemia, Pedagogical Faculty, Hluboka nad Vltavou, Czech Republic, 2010. P. 31. URL: [http://home.pf.jcu.cz/~cadgme2010/annotations/43\\_Valentyna\\_Pikalova.pdf](http://home.pf.jcu.cz/~cadgme2010/annotations/43_Valentyna_Pikalova.pdf).

11. **Pikalova V.** Discovering Steiner's Theorem with GeoGebra. *Proceedings of the International Conference GeoGebra*, Warsaw, Poland, 2012. URL: <https://www.geogebra.org/m/aVYvB97f>.

12. **Пикалова В. В.**, Шерстюк В. М. Розробка відкритого он-лайн курсу Використання пакету динамічної математики GeoGebra у викладанні математики. *III Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми теорії і практики дистанційного і електронного образования»*, Ялта, 2014. С. 112 – 115.

13. Гризун Л. Е., Грудина Ю. О., **Пикалова В. В.** Розробка комплексу завдань у середовищі GeoGebra для підтримки вивчення функціональної змістової лінії у межах позакласної роботи з математики із старшокласниками. *Науково-дослідна робота студентів як чинник удосконалення професійної підготовки майбутнього вчителя: зб. наук. пр.* Харків: Харківський нац. пед. ун-т імені Г. С. Сковороди, Вип. 12, 2014. С. 53 – 59.

14. **Пикалова В. В.** Система підготовки майбутнього вчителя математики до використання пакету GeoGebra у майбутній професійній діяльності. *VI Всеукр. конф. «Інформаційні технології в освіті»*, Мелітополь, 2014. С. 252 – 262.

15. **Pikalova V.** GeoGebra-Integrated Professional Development of Future Math Teachers within Discrete Mathematics Course. *Proceedings of GeoGebra: Global Gathering Conference*, Johannes Kepler University, Linz, Austria, 2015. URL: <https://www.geogebra.org/m/oz0TtfO8>.

16. Білоусова Л. І., **Пикалова В. В.**, Столбов Д. В. Особливості використання пакету GeoGebra у системі підготовки майбутнього вчителя математики та інформатики. *V Міжнар. наук.-практ. конф. «Математика. Інформаційні технології. Освіта»*, Луцьк, 2016. С. 119 – 120.

17. **Pikalova V.** Teaching and Learning Math Behind Computer Science with the Help of GeoGebra and Python. *Web Proceedings Sixth Central- and Eastern European Conference Computer Algebra- and Dynamic Geometry Systems in Mathematics Education*, Targu Mures, Romania, 2016. URL: <https://cadgme.ms.sapientia.ro/>.

18. **Pikalova V.** Play, Invent and Program with Python, GeoGebra, Makey Makey and App Inventor2. *Proceedings of East West Conference on Mathematics Education (EWCOME 2017)*, Warsaw, Poland, 2017. P. 26 – 27.

19. Hrytsenko O., **Pikalova V.**, Rusina I. Using GeoGebra and Python in Modelling Ukrainian Embroidery. *Proceedings of East West Conference on Mathematics Education (EWCOME 2018)*, Warsaw, Poland, 2018. P. 32 – 33.

20. Hrytsenko O., **Pikalova V.**, Rusina I. STEAM project: Exploring and Modelling Ukrainian Embroidery. *Education Conference “Gamification and Creativity in STEAM”*, Johannes Kepler University, Linz, Austria, 2019. URL: <http://mintlinz.pbworks.com/w/page/129872385/Gamification%20and%20Creativity%20in%20STEAM%20Education%20Conference%3A%2017-18%20Jan%202019>.

21. **Пікалова В. В.** Використання СДМ GeoGebra у ракурсі STEM-освіти майбутніх вчителів. *Наук.-практ. інтернет-конференція «Інформаційні технології в освітньому процесі»*, Чернігів, 2020. URL: <https://tvorchistd.blogspot.com/2020/11/2020.html>.

22. Гризун Л. Е., **Пікалова В. В.**, Русіна І. Д., Цибулька В. А. Практикум з опанування пакету динамічної математики GeoGebra як інструменту реалізації STEAM-освіти: *навчальний посібник*, Харків: ХНПУ імені Г.С. Сковороди, 2018. 80 с.

**Пікалова В. В. Використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти у процесі підготовки майбутніх учителів математики.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті (01 – Освіта/Педагогіка). – Державний заклад «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», Старобільськ, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено проблемі розробки та впровадження педагогічних умов використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

На основі аналізу наукової літератури розкрито сутність концепції STEM-освіти та проаналізовано досвід її впровадження в практику підготовки майбутніх учителів математики; схарактеризовано освітньо-розвивальний потенціал та особливості пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики; теоретично обґрунтовано педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики: створення хмаро орієнтованого освітнього середовища, яке містить програмні, інформаційні, дидактико-методичні ресурси для організації,

підтримки й супроводу різних видів навчальної діяльності студентів із використанням пакету GeoGebra; уведення в освітній процес підготовки майбутніх учителів математики практикуму з проведення комп'ютерних STEM-орієнтованих досліджень у пакеті GeoGebra; застосування комплексу засобів стимулювання студентів до STEM-орієнтованого GeoGebra-моделювання в процесі організації позааудиторної роботи шляхом їхнього залучення до діяльності GeoGebra-спільноти на основі використання індивідуального і групового коучингу; розроблено критеріально-діагностичний апарат для перевірки ефективності обґрунтованих педагогічних умов та проведено педагогічний експеримент.

*Ключові слова:* пакет GeoGebra, GeoGebra-моделювання, концепція STEM-освіти, підготовка майбутніх учителів математики, педагогічні умови використання пакету GeoGebra як інструмента реалізації концепції STEM-освіти в процесі підготовки майбутніх учителів математики.

**Пикалова В. В. Использование пакета GeoGebra как инструмента реализации концепции STEM-образования в процессе подготовки будущих учителей математики.** – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук по специальности 13.00.10 – информационно-коммуникационные технологии в образовании (01 – Образование/Педагогика). – Государственное учреждение «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», Старобельск, 2021.

Диссертационная работа посвящена проблеме разработки и внедрения педагогических условий использования пакета GeoGebra как инструмента реализации концепции STEM-образования в процессе подготовки будущих учителей математики.

На основе анализа научной литературы раскрыта сущность концепции STEM-образования и проанализирован опыт ее внедрения в практику подготовки будущих учителей математики; охарактеризован образовательно-развивающий потенциал и особенности пакета GeoGebra как инструмента реализации концепции STEM-образования в процессе подготовки будущих учителей математики; теоретически обоснованы педагогические условия использования пакета GeoGebra как инструмента реализации концепции STEM-образования в процессе подготовки будущих учителей математики: создание облачно ориентированной образовательной среды, включающей программные, информационные, дидактико-методические ресурсы для организации, поддержки и сопровождения различных видов учебной деятельности студентов с использованием пакета GeoGebra; введение в образовательный процесс подготовки будущих учителей математики практикума по проведению компьютерных STEM-ориентированных исследований в пакете GeoGebra; применение комплекса средств стимулирования студентов к STEM-ориентированному GeoGebra-моделированию в процессе организации

внеаудиторной работы путем их вовлечения в деятельность GeoGebra-сообщества на основе применения индивидуального и группового коучинга; разработан критериально-диагностический аппарат для проверки эффективности обоснованных педагогических условий и проведен педагогический эксперимент.

*Ключевые слова:* пакет GeoGebra, GeoGebra-моделирование, концепция STEM-образования, подготовка будущего учителя математики, педагогические условия использования пакета GeoGebra как инструмента реализации концепции STEM-образования в процессе подготовки будущих учителей математики.

**Pikalova V. V. Using GeoGebra as a tool for implementing the concept of STEM education in the process of pre-service mathematics teachers' training. – Qualification scientific work on the rights of manuscript.**

The thesis for the degree of Candidate of Pedagogical Science, in specialty 13.00.10 – Information and Communication Technologies in Education (01 – Education/Pedagogy). – State Institution «Taras Shevchenko National University of Luhansk», Starobilsk, 2021.

Thesis is devoted to the problem of development and implementation of pedagogical conditions using GeoGebra as a tool for the implementation of STEM-education conception in the training of pre-service mathematics teachers.

Based on the analysis of scientific literature, the essence of the concept of STEM education is revealed and the experience of its implementation in the practice of training future mathematics teachers is analyzed; the educational and developmental potential and features of the GeoGebra package as a tool for implementing the concept of STEM education in the process of training future mathematics teachers are characterized. As the concepts of STEM-education are applied to all the levels of education, implementing them into the professional pre-service mathematical teachers' training acquires special importance.

The first condition for such implementation lies in creating cloud oriented educational environment which includes software, information, didactic and methodological resources aimed at organizing, supporting and supervising different types of students' independent work with GeoGebra. Second pedagogic condition lies in introducing into mathematics teachers' training STEM-oriented investigations based on the use of GeoGebra which entails step-by-step process of involving students into the process of explorative study of mathematical objects, objects from other disciplines as well as real objects which ensures mastering explorative tools offered by GeoGebra. The third condition lies in applying a set of motivating measures to stimulate students to master GeoGebra modelling by organizing extracurricular activities on the GeoGebra platform, involving students into the work of GeoGebra community and organizing individual and group coaching.

Criteria and indicators of efficiency of the offered pedagogical conditions are developed and proved: motivational-value (indicators: awareness of value of mathematical knowledge, the mathematical fundamentals as a basis of computer

investigations of any objects; motivation to master mathematics; readiness to overcome difficulties); praxiological (indicators: the ability to plan a computer study step by step; the ability to rationally use the functionality of GeoGebra for research doing; the ability to analyze its results and draw conclusions); metacognitive (indicators: the ability to assess critically the level of their own knowledge to solve the problem; the ability to use effectively different ways of knowledge acquiring; the desire for continuous educational growth). In order to test the effectiveness established pedagogical conditions, a pedagogical experiment was conducted. For their implementation into the educational process of training pre-service mathematics teachers, the necessary didactic and methodological support was developed, the necessary software and information resources were selected. The results of the pedagogical experiment confirmed the effectiveness of the implementation of the pedagogical conditions for the use of GeoGebra as a tool for providing the concept of STEM-education in the training of pre-service mathematics teachers.

*Keywords:* GeoGebra, GeoGebra modelling, concept of STEM-education, training of pre-service mathematics teachers, pedagogical conditions using GeoGebra as a tool for implementing the concept of STEM education in the process of pre-service mathematics teachers' training.

---

Підписано до друку 10.04.2021. Формат 60x84/16.  
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк ризографічний.  
Умовн. др. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Зам. № 0004/7-18.

---

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні ФОП В. В. Петров  
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.  
Запис № 2400000000106167 від 08.01.2009 р.  
61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 78-17-137.  
e-mail: bookfabrik@mail.ua