

**В. К. Кірман**

ORCID ID 0000-0002-8107-6618

**Г. Г. Чаус**

ORCID ID 0000-0001-6581-6359

Комунальний заклад вищої освіти  
«Дніпровська академія неперервної освіти»  
Дніпропетровської обласної ради»

## **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНА МОДЕЛЬ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВЧИТЕЛЯ БІОЛОГІЇ ТА ПІДХОДИ ДО ЇЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ**

*Мета статті.* Метою статті є аналіз поняття та структури математичної компетентності вчителя біології.

*Методи дослідження.* У дослідженні, що описано в статті, застосовано здебільшого теоретичні методи системного аналізу, теоретичне моделювання педагогічного процесу, м'яке експертне оцінювання, вибіркові методи.

*Результати дослідження.* Характер діяльності вчителя біології дозволив виділити 21 напрям математичної діяльності, проведено їх експертне рейтингування, виділено три рівні (базовий, середній, підвищений) математичної компетентності. Математична компетентність відповідно до розробленої моделі включає блоки предметно-методичної та науково-аналітичної діяльності вчителя біології, блоки аналітичної, операційної та гносеологічної функцій, блок добору типів математичної діяльності, ядро та блок додаткових типів діяльності. Отримано також оцінки складності основних типів математичних завдань для вчителів біології та виявлено основні проблемні типи: задачі на дії зі звичайними та десятковими дробами, стандартним виглядом числа, ділення у заданому відношенні, комбінаторні, теоретико-ймовірнісні задачі, задачі аналізу даних. *Практичне значення дослідження.* Проведені дослідження дозволяють розробити методичну систему розвитку математичної компетентності в системі неперервної післядипломної педагогічної освіти, удосконалити математичну підготовку майбутніх педагогів-біологів у педагогічних університетах.

*Висновки та перспективи подальших наукових розвідок.* Сформована математична компетентність вчителя біології дозволяє якісно викладати свій предмет з урахуванням основних міжпредметних зв'язків. До подальших досліджень в цьому напрямі можна віднести деталізацію структури та змісту математичної компетентності вчителів біології, дослідження кореляції між рівнями математичної компетентності та іншими складовими предметно-методичної компетентності вчителя біології, розробка методичних систем розвитку математичної компетентності вчителів біології в системі післядипломної педагогічної освіти.

**Ключові слова:** математична компетентність, професійна компетентність, вчитель біології, післядипломна освіта, педагогічна освіта.

**Постановка проблеми.** Сучасна система освіти передбачає впровадження нових підходів до процесів розвитку професійної компетентності вчителя. Погоджуємося з А. В. Федорович, яка зазначає, що «професійна компетентність педагога – це комплексна властивість особистості: цілісна, динамічна система професійних здатностей (окремих компетенцій), яка дає змогу свідомо і творчо визначати і здійснювати освітню діяльність, розвивати власну індивідуальність, досягати успішної, оптимальної самореалізації в професії» [16, с. 111]. У професійному стандарті за професіями «Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти», «Вчитель закладу загальної середньої освіти», «Вчитель з початкової освіти (з дипломом молодшого спеціаліста)» визначено наступні

професійні компетентності вчителів (за трудовою дією або групою трудових дій): мовно-комунікативна; предметно-методична; інформаційно-цифрова; психологічна; емоційно-етична; педагогічне партнерство; інклюзивна; здоров'язбережувальна; проєктувальна; прогностична; організаційна; оцінювально-аналітична; інноваційна; рефлексивна; здатність до навчання впродовж життя [12, с. 6-9].

Водночас поверхневий аналіз діяльності вчителя біології показує, що вагома частина його роботи пов'язана з рядом математичних питань, іноді достатньо нетривіальних для звичайного шкільного курсу математики. Це призводить до думки виділення математичної компетентності вчителя біології як однієї із підсистем професійної компетентності вчителя біології відповідно до стандарту [12]. Під час формування та розвитку професійної компетентності вчителя біології ми не можемо не керуватися специфікою методики викладання біології. Роль математики в біології суттєва та вагома. Математична компетентність є невід'ємною складовою біологічних досліджень та інтерпретації даних. Ряд біологічних задач потребує математичних знань, зокрема розв'язування задач з молекулярної біології, генетики та екології. Математичні обрахунки під час розв'язування задач активізують розумову діяльність, формують науковий світогляд через зв'язок теорії з практикою. Математична культура на уроках біології – невід'ємна умова формування наукового світогляду здобувача освіти. Сучасні біологічні науки активно використовують глибинні математичні методи та ідеї, в останні десятиліття з'явилася нова наука – «математична біологія», в галузі якої проводяться активні дослідження [17, с. 65-70]. Очевидно, що відповідні питання мають поступово проєктуватись у зміст шкільного курсу біології і у зв'язку з цим відображатись в структурі та змісті математичної компетентності вчителя біології.

Водночас хотілося б зазначити, що жоден нормативний документ в галузі освіти не містить поняття «математична компетентність вчителя біології». У зазначеному вище професійному стандарті, серед п'ятнадцяти професійних компетентностей вчителів, лише предметно-методична компетентність за своєю сутністю може включати математичну компетентність вчителя. У проєкті Стандарту вищої освіти України за спеціальністю 014.05 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)» із восьми сформульованих спеціальних (предметних) компетентностей найближчою до математичної компетентності є здатність здійснювати безпечні біологічні дослідження в лабораторії та природних умовах, інтерпретувати результати досліджень [11, с. 15]. Очевидно, що математична компетентність педагога-біолога не може обмежуватись лише цими речами.

**Аналіз актуальних досліджень.** Аналіз літературних джерел дозволяє стверджувати, що не існує однозначності в класифікації ключових компетентностей вчителя. Дослідженню професійної компетентності вчителів біології присвячено чимало робіт вчених-методистів. Так дослідницькій компетентності та проблемі формування й розвитку дослідницьких умінь майбутніх учителів біології та студентів біологічного профілю присвячено роботи ряду вітчизняних дослідників. Серед них О. О. Пташенчук, яка наголошує на доцільності формування саме дослідницької компетентності через формування дослідницьких умінь як цілісного, комплексного, інтегративного, особистісного феномена. Дослідницька компетентність учителів має поєднувати власне їхні дослідницькі спроможності й готовність зі здатністю залучати до дослідницької діяльності своїх учнів [13, с. 141].

Дослідження здоров'язбережувальної компетентності знайшло відображення в науковому доробку Є. В. Кочерги, яка зазначає, що здоров'язбережувальна компетентність є обов'язковим елементом професійної компетентності вчителя та визначає його здатність піклуватися про фізичне та психічне здоров'я учасників освітнього процесу та про своє власне здоров'я, створювати сприятливу психологічну атмосферу в освітньому процесі, організовувати комунікацію та партнерську взаємодію, організовувати безпечне, розвивальне, інклюзивне освітнє середовище з врахуванням індивідуального та особистісно орієнтованого підходів [8, с. 65]. І. Случик та А. Спаська зазначають, що у навчально-виховному процесі необхідно формувати компетентність студента щодо усіх видів

здоров'я, фізичного, психічного, духовного та соціального. Формування відповідального ставлення до здоров'я починається з учителя. Тому підготовка майбутнього вчителя біології має пріоритетне значення в контексті нової парадигми освіти [15, с. 119]. Т. П. Мостіпака звертає увагу на те, що складовою професійної компетентності педагога природничих дисциплін, зокрема вчителя біології, мають бути чітко сформовані знання і вміння щодо використання здоров'язбережувальних технологій [9, с.226].

Тетяна Бондаренко досліджує теоретичні підходи до визначення змісту та структури методичної компетентності майбутніх вчителів біології [4, с. 150-155]. Структура професійної компетентності майбутніх вчителів, на думку багатьох дослідників складається із певних компетенцій, з-поміж яких значущими є: фахова (предметна, спеціальна), психологічна, комунікативна, методологічна, методична (дидактико-методична), етична (моральна), операційно-діяльнісна (практична, технологічна, функціональна), загальнокультурна, управлінська, інформаційна, рефлексивна, аутопсихологічна, педагогічна [1, с. 16]. В. В. Сидоренко зазначає, що предметними компетентностями у професійно-педагогічній діяльності фахівця виступають: спеціальна компетентність, методична (загальнометодична і функціонально-методична), методологічна (праксеометодологічна і гносеометодологічна), інформаційно-технологічна, компаративна, полікультурна, інтелектуально-педагогічна, креативна, операціональна. Інтелектуально-педагогічна компетентність – це професійно значуща якість педагога, що виявляється в умінні застосовувати власний інтелектуальний потенціал для налагодження педагогічно цілеспрямованих взаємовідносин, набуття знань і вироблення способів інноваційної діяльності [14, с. 15].

Проте недостатньо вивченими залишається низка питань, пов'язаних зі специфікою змісту і структури математичної компетентності, умов, методів і засобів її розвитку в процесі підготовки майбутніх вчителів біології та в системі післядипломної освіти, а також підходи до її ідентифікації. Вважаємо, що математична компетентність вчителя біології є важливим елементом його професійної компетентності і може сприяти успішному вирішенню завдань концепції Нової української школи, в якій визначено 10 ключових компетентностей особистості, серед яких – математична грамотність – уміння застосовувати математичні (числові та геометричні) методи для вирішення прикладних завдань у різних сферах діяльності, здатність до розуміння і використання простих математичних моделей, уміння будувати такі моделі для вирішення проблем [10, с. 10-12]. Питання математичної освіти для біологів розглядається рядом авторів в практичному аспекті, наприклад [2; 3]. Водночас аналіз літературних джерел, проведений авторами статті, виявив відсутність робіт, присвячених розвитку математичної компетентності вчителів біології.

**Метою статті** є аналіз математичної компетентності вчителя біології. Для реалізації мети у дослідженні мають бути вирішеними такі задачі: визначення математичної компетентності вчителя біології в системі його професійних компетентностей, обґрунтування моделі математичної компетентності вчителя біології, розробка підходів до ідентифікації параметрів моделі.

**Виклад основного матеріалу.** У цій статті ми будемо спиратися на підходи, що розроблено в роботі [7, с. 44], а саме вважаємо, що вчитель біології здійснює математичну діяльність у трьох функціях: операційній, гносеологічній та аналітичній. Почнемо з останнього. Аналітична функція включає застосування математико-статистичних задач для аналізу результативності навчання або під час виконання вчителем дослідницької роботи в галузі теорії та методики навчання біології.

Операційна функція передбачає безпосереднє використання математики при розв'язуванні шкільних задач з біології та екології, використання математичного моделювання та статистичного аналізу в наукових дослідженнях, а також навчання такому учнів. Слід зазначити, що використання операційної функції для вчителя біології дуже часто здійснюється через призму інших природничих дисциплін, зокрема хімії та фізики. Це, наприклад, відноситься до розв'язування задач на енерговитрати, баланс речовин і

норми харчування, хімічний склад клітини, кількісний та якісний склад гену, біосинтез білка, способи клітинного поділу, каріотип, обмін речовин та енергії у клітині, фотосинтез і хемосинтез. Таке використання операційної функції будемо називати транзитним, на відміну від безпосереднього використання. Отже, операційна функція може бути реалізованою безпосередньо або транзитно.

Гносеологічна функція математичної діяльності вчителя біології, на нашу думку, є надважливою. Вона не передбачає безпосереднього використання математичного апарату, але включає математичну інтерпретацію ключових біологічних понять та процесів. При цьому математичні поняття можуть далеко виходити за межі шкільної програми з математики. Це обумовлено тим, що об'єктами дослідження в біологічних науках стають складні системи, для яких характерна багатокомпонентність, динамічність, стохастичність. У роботі [6, с.51-53] нами описано основні види пропедевтичної діяльності вчителя у чотиривимірній класифікації: стосовно навчальних програм (нормативна, варіативна), щодо горизонтів виходу об'єктів засвоєння (тактична, оперативна, стратегічна, перспективна), стосовно заданого предмета навчання (автопропедевтика, експорт-пропедевтика, імпорт-пропедевтика), щодо обсягу відведеного навчального часу (первинна, формуюча, активна). Важливо тоді усвідомлювати, що гносеологічна функція математичної діяльності вчителя біології сприяє варіативній, стратегічній та перспективній імпорт-пропедевтиці математичних понять. Ілюстрація останнього – це не тільки пропедевтика достатньо глибоких теоретико-ймовірнісних уявлень при вивченні генетики та еволюційної генетики, а й наприклад, пропедевтика теорії динамічних систем (модель «хижаки-жертви», обмінні процеси), комбінаторного аналізу (структура білкових молекул), маловимірної топології (просторова організація молекул нуклеїнових кислот), теорії інформації (нейрофізіологія), випадкових процесів (розвиток організмів, динаміка популяцій, еволюційні процеси), теорії алгоритмів та автоматів (етологія, основи психології людини). Приклад стратегічної імпорт-пропедевтики геометрії дає вивчення різноманітних анатомічних структур організмів.

Отже, навчальна діяльність вчителя біології реалізуються через операційну, гносеологічну та аналітичну функції. Математична діяльність вчителя біології реалізується через сфери математичної діяльності. Такий аналіз дозволяє нам визначати математичну компетентність вчителя біології. Таким чином, математичну компетентність вчителя біології можна визначити як інтегральну якість особистості, що полягає у здатності та готовності використовувати математику для здійснення операційних, гносеологічних та аналітичних функцій діяльності вчителя біології, пов'язаної з навчанням

Зв'язок між професійними та чисто математичними видами діяльності ми встановлюємо за допомогою таблиці діяльнісної відповідності (Таблиця 1). На перетині відповідного рядочка та стовпчика прописуємо рівень важливості сфери математичної діяльності для здійснення основної професійної діяльності вчителя біології. Вводимо градації: 0 – не важливо, 1 – скоріше не важливо, ніж важливо, 2 – скоріше важливо, ніж не важливо, 3 – важливо. Такий підхід застосовано нами в роботах [7, с. 44-48; 5, с. 95-96].

У наведеній таблиці (Таблиця 1), очевидно, потребують коментар пункти, починаючи з пункту 7. Це пов'язано здебільшого з гносеологічними функціями характерів діяльності 7-21. Моделі статистичної теорії інформації можуть природно використовуватися не тільки в питаннях обробки сигналів в сенсорних системах, але й при аналізі генетико-еволюційних процесів. Очевидно, що розуміння технічних математичних аспектів теорії вчителю біології не потрібно, але для розуміння відповідних біологічних процесів вчитель має усвідомлювати на «якісному» рівні основні поняття статистичної теорії інформації – ентропію, канал інформації, канал з шумом, кількість інформації, кодування. Важливо розуміти незвичайну функцію, яка може здійснюватися саме на уроках біології – пропедевтику комбінаторних та теоретико-ймовірнісних уявлень. Біологія дає також прості, але нетривіальні приклади комбінаторно-ймовірнісних задач, як наприклад закони Харді-Вайнберга. З теорією інформації пов'язана також транзитна гносеологічна функція

через використання важливих біохімічних уявлень, які, в свою чергу, можуть використовувати поняття термодинаміки та статистичної фізики.

Таблиця 1.

Таблиця діяльнісної відповідності

№	Напрямок математичної діяльності задач / Види професійної діяльності вчителя біології	Організація дослідно-експериментальної діяльності учнів	Навчання аналізу екосистем	Навчання аналізу еволюційних процесів	Формування уявлень щодо систематики організмів	Навчання проектування технологій, що пов'язані з біологічними об'єктами	Навчання основам генетики	Навчання аналізу фізіологічних процесів організмів	Навчання аналізу анатомічних структур	Навчання основам молекулярної біології	Навчання аналізу поведінки людини та тварин (етології)	Аналітична діяльність
1	Операції з числами, дробі та відсоткові розрахунки	3	3	3	1	3	2	2	2	3	1	3
2	Аналіз та побудова графіків та діаграм	3	2	2	1	3	2	3	1	2	1	3
3	Пропорційність величин	2	2	1	0	1	1	2	3	3	0	2
4	Обчислення вибірових характеристик та їх інтерпретація. Дескриптивна статистика	3	2	0	2	2	3	2	1	0	2	3
5	Основи комбінаторики	0	0	0	3	1	3	1	0	3	3	0
6	Основи теорії ймовірностей	3	1	3	0	1	3	2	0	1	3	3
7	Основи статистичної теорії інформації	0	0	2	1	0	3	3	0	1	2	0
8	Геометричні величини, геометричні вимірювання для простих фігур	0	3	3	2	12	0	3	3	0	2	0
9	Плоскі фігури, подібність фігур	0	2	2	2	2	1	2	3	0	2	0
10	Метричні співвідношення	0	1	2	0	1	0	1	2	0	1	0
11	Елементи аналітичної геометрії	0	1	0	1	1	0	3	3	0	1	0
12	Криві та поверхні, просторові тіла, їх вимірювання	0	1	1	2	1	0	1	3	0	0	0
13	Графи	0	2	2	2	1	2	2	0	0	2	1
14	Дискретні та дискретно-неперервні функціональні системи, автомати, колективи автоматів, мережі	0	2	0	0	1	1	3	0	2	3	0
15	Функції, рівняння, нерівності	2	3	3	0	3	1	3	1	1	1	2
16	Скалярні та векторні поля	0	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0
17	Оптимізаційні задачі, елементи варіаційного числення	1	1	3	0	2	0	2	2	0	2	0
18	Динамічні системи	0	3	3	0	2	2	3	0	0	1	0
19	Фрактальна геометрія	0	0	0	0	0	0	1	3	2	0	0
20	Елементи математичної статистики	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3
21	Основи математичної (формальної) логіки та теорії алгоритмів	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0

Напрями геометричної діяльності 8-12 здебільшого пов'язані з аналізом анатомічних структур. Водночас класична шкільна геометрія (метричні співвідношення в трикутниках та простих многокутниках, вектори, основи методу координат), очевидно, може використовуватися у транзитний спосіб при аналізі динаміки та статички компонентів опорно-рухової системи, також загальні стереометричні уявлення, як геометричне тіло, переріз, проекція на площину, використовуються в анатомії. Але геометрія анатомічних структур значно багатше, ніж шкільні геометричні об'єкти – многокутники, кола, многогранники та тіла обертання, в анатомічних структурах виникають природні приклади об'єктів диференціальної та фрактальної геометрії. Класичні задачі на подібність та метричні співвідношення виникають транзитно (через геометричну оптику) при аналізі органів зору та природних систем геолокації. Звернемо увагу, що геометричні задачі природно виникають при аналізі форми та розмірів природних ареалів.

Недооціненим математичним поняття при навчанні біології є поняття графа, хоча в сучасній, у тому числі біологічній, науці це поширений інструмент. Головна дидактична цінність графа – його простота та наочність. За допомогою графів зручно моделювати функціональні зв'язки між органами, обмін речовин у фізіології, енергообмін та трофічні зв'язки в екології, біохімічні процеси тощо. Дерево – різновид графу. Як відомо, дерева є важливим інструментом в еволюційній генетиці. Граф – лише одна з дискретних структур, що виникає в біологічних системах. Природною, дуже простою, але досі такою, що не знайшла повного застосування в навчальному процесі, є модель скінченого автомата та його континуальних узагальнень. Автомат – найпростіша модель поведінки системи, визначається набором вхідних, вихідних сигналів, множиною внутрішніх станів та двома функціями: зміни стану в наступний такт часу в залежності від поточного стану та функції виходу в залежності від стану та сигналу на вході. Автомат може моделювати як окремі функціональні системи, так і організм в цілому. Відомі вже стали як в нейрофізіології, так і в прикладній математиці моделі нейрона та нейронних мереж, колективи автоматів у вигляді ітеративних мереж давно вже використовуються для моделювання складних білкових та нуклеїнових молекул.

Найважливішим об'єктом шкільного курсу математики є функції, функціональні залежності. Важливо усвідомлювати, що всі елементарні функції мають застосування при аналізі біологічних структур (Таблиця 2).

Таблиця 2.

**Основні функціональні залежності в біологічних системах**

Тип функції	Приклад застосування
Лінійна функція, арифметична прогресія	Стабільне зростання рослини
Степенева залежність	Залежність просторових характеристик від лінійних розмірів організмів.
Показникова функція, геометрична прогресія	Необмежене розмноження бактерій шляхом поділу
Логарифмічна функція	Перетворення сигналів в сенсорних системах
Тригонометричні функції	Базисні періодичні процеси в екосистемах та в органах
Зворотні послідовності	Необмежене статеве розмноження

Коментуючи Таблицю 2, можна підкреслити, що реальні процеси описуються більш складними залежностями ніж ті, що наведено в таблиці. Так, наприклад, відома всім кардіограма – це не синусоїда, але наближено її можна описати тригонометричним многочленом, якщо не враховувати випадковий шум. Корисно відзначити, що деякі відомі функціональні залежності виникли із задач з біологічним змістом. Яскравий приклад цього – послідовність Фібоначчі. З будь-яким живим організмом пов'язані фізичні та хімічні поля, векторні або скалярні. Векторні та скалярні поля є предметом математики, але в нашій класифікації транзитно впливають на математичну діяльність вчителя біології.

Уважний аналіз екологічних проблем призводить до застосування скалярних полів для опису густини заселення організмів на конкретній місцевості.

Дуже важливе гносеологічне значення в біології мають екстремальні (оптимізаційні) задачі. Біологічні системи мають, як відомо, телеологічний характер. Їх функціонування пов'язано з мінімізацією деякого функціоналу (мінімум енергетичних витрат). Таким чином, для біології природними є варіаційні задачі. Такі задачі достатньо часто виникали на різноманітних олімпіадах з біології, зокрема ізопериметрична задача. Наступний приклад найважливішого класу моделей – динамічні системи. У прикладних моделях виділяють системи з дискретним та неперервним часом. Останні описуються системами диференціальних рівнянь. Зрозуміло, що такі моделі дуже складні, у тому числі для кваліфікованого вчителя біології, але їх якісний аналіз допомагає зрозуміти важливі нелінійні процеси в екології та фізіології. Звернемо увагу, що неперервні динамічні системи апроксимуються дискретними, які можна частково вивчати методами елементарної математики.

Усі можливі наведені нами типи математичної діяльності можна ранжувати відповідно до суми індексів важливості за всіма типами діяльності вчителя біології (рис.1). Відповідно до цієї схеми виділяємо три рівні математичної компетентності вчителя біології. До першого (базисного) рівня, який позначимо РІВ(1) вносимо типи діяльності з сумарним рівнем, що більше за 15. Через специфіку задач комбінаторика при такому підході не потрапляє до базисного рівня, але врахуємо, що значна кількість задач саме шкільного курсу біології передбачає широке застосування комбінаторного мислення, тому тип 5 (комбінаторні задачі) включаємо до РІВ(1). До другого (середнього) рівня РІВ(2) включаємо типи діяльності з сумою індексів вищу за 10. Таким чином, діяльності РІВ(1) входять до РІВ(2). Високим рівнем вважаємо наявність усіх описаних нами типів діяльності РІВ(3).

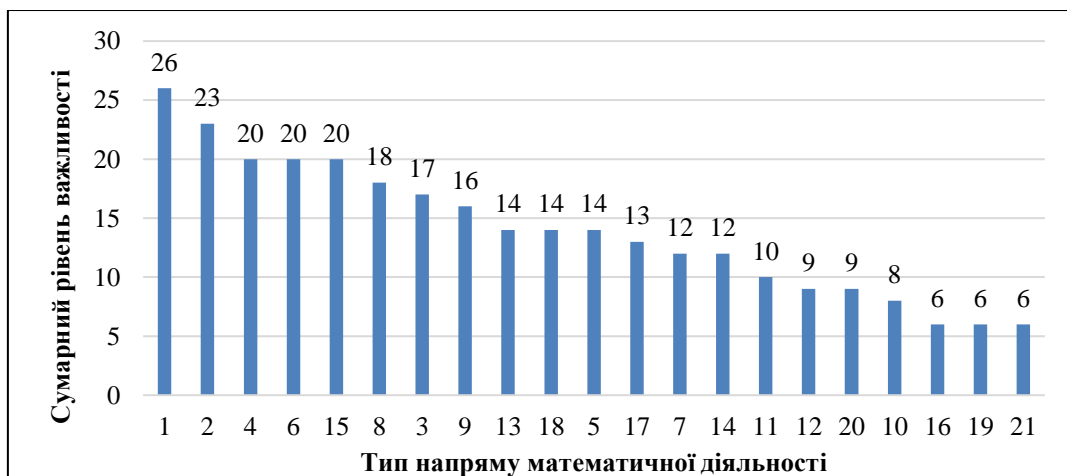


Рис. 1. Ранжування типів математичної діяльності за таблицею діяльнісної відповідності в залежності від сумарної важливості

Таким чином, математична діяльність вчителя біології включає в себе ядро (РІВ (1)) та розширені компоненти діяльності (РІВ (2) або РІВ (3)). Наведені вище міркування дозволяють нам побудувати модель математичної компетентності вчителя біології (рис. 2).

Модель має відкритий характер та пов'язана з навчально-педагогічною та науково-аналітичною діяльністю вчителя біології, між якими в свою чергу існує природний зворотний зв'язок. Математична діяльність, що визначається науково-аналітичною діяльністю вчителя біології здійснюється через аналітичну функцію, а також координує добір актуальних для вчителя та його характеру роботи типи математичної діяльності. Операційна функція реалізується здебільшого на рівні ядра, а але в ряді випадків можуть бути залучені додаткові компоненти (наприклад, організація дослідницької діяльності учнів). Гносеологічна функція, як правило, реалізується через розширені компоненти. Очевидно, що визначальним для структури математичної компетентності є її ядро. Важливим питанням стає вимірювання математичної компетентності фахівця саме на цьому рівні.

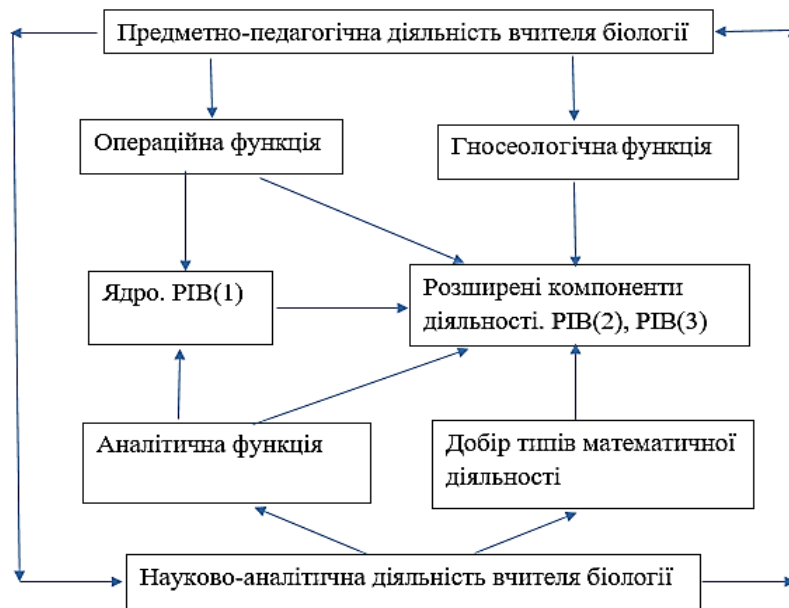


Рис. 2. Схема моделі математичної компетентності вчителя біології.

У роботах [5; 7] ми пропонуємо розглядати рівневий індикатор математичної компетентності. Для заданого рівня розглядається набір типових задач. Ми визначили 16 основних таких типів задач: 1) задачі на дії з цілими числами та звичайними дробами; 2) задачі на дії з десятковими дробами; 3) задачі на знаходження частини, відсотки; 4) кількісний аналіз діаграм; 5) якісний аналіз діаграм; 6) графічний аналіз простих функціональних залежностей; 7) обчислення мір центральної тенденції (середніх); 8) обчислення значень геометричних величин для багатокутників за рисунком з елементами вимірювання; 9) знаходження середньозважених з відсотками; 10) класичне означення ймовірності; 11) задачі на класичну ймовірність алгебраїчного характеру; 12) задачі на означення координат точки; 13) ділення числа у даному співвідношенні; 14) задача з послідовностями; 15) задача на аналіз стандартного вигляду числа; 16) задача на обробку експертних даних.

Рівневий індикатор – це ймовірність розв'язати навмання обрану задачу з набору задач даного рівня. Значення рівневого індикатора можна обчислити за формулою повної ймовірності:

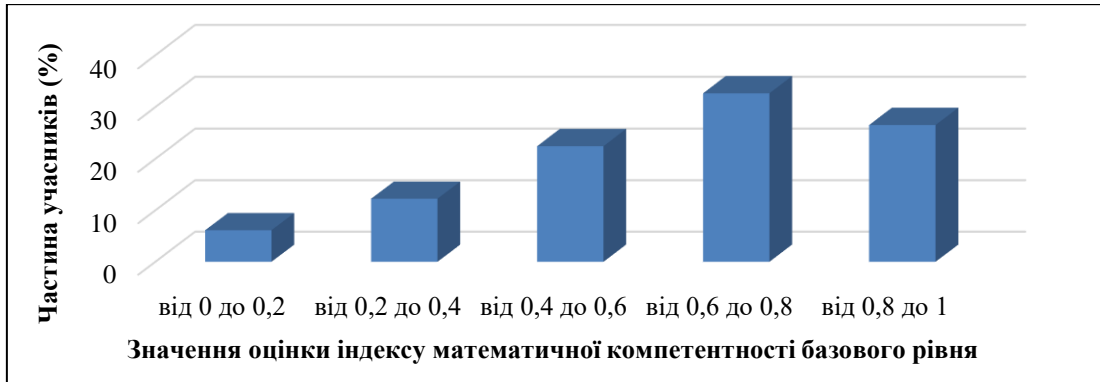
$$I = \sum_{k=1}^m \omega_k p(G_k)$$

Тут  $I$  – значення рівневого індикатора,  $p(G_k)$  – ймовірність правильно розв'язати задачу типу  $G_k$ ,  $\omega_k$  – ймовірності (частоти) використання задачі типу  $G_k$ , сума цих невід'ємних величин дорівнює 1. Далі ми вводимо припущення про рівноймовірність  $G_k$ .

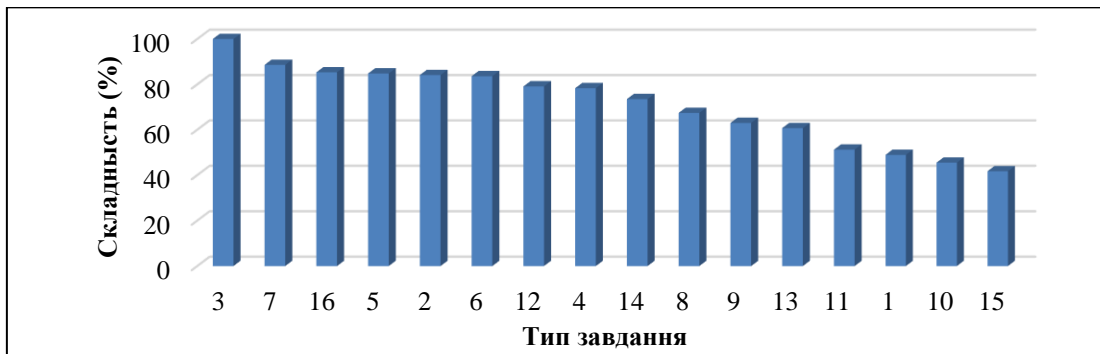
Завдання, що відображали профіль РІВ(1) було запропоновано 83 вчителям біології, що проходили підвищення кваліфікації на курсах у 2019-2020 роках. Загальний результат вимірювання відображено на рис. 3.

Розподіл значень оцінки індексу математичної компетентності базового рівня для цієї вибірки респондентів наведено на рис. 1. Середнє значення для розподілу дорівнює – 0,64, медіана – 0,69, середнє квадратичне відхилення – 0,19. Розподіл має унімодальний характер з модою 0,69. Як ми бачимо, об'єктивно, вже на першому, базовому, рівні математичної компетентності 45% вчителів не може виконати більше 60% завдань, тобто в цих вчителів біології можуть виникнути проблеми з викладанням свого предмету через недостатній рівень математичної компетентності. Проблемні точки аналізуємо за допомогою діаграм складності (рис. 4). На діаграмах складності відображено відсоток респондентів, які успішно впорались з відповідним завданням РІВ(1). Нагадаємо, що чим більше складність, тим задача легше.



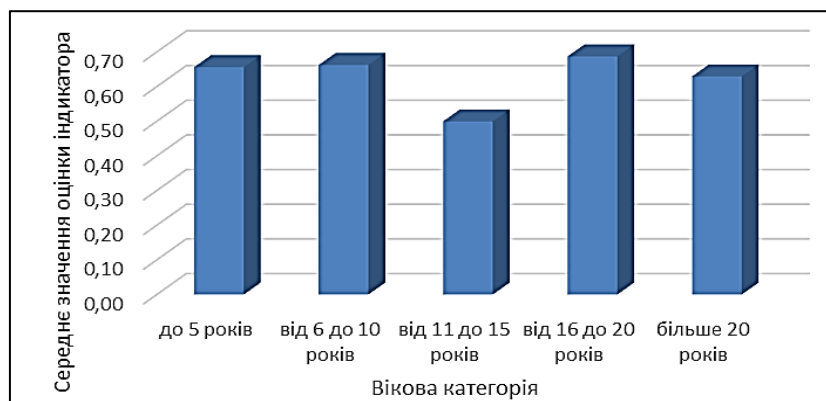


**Рис. 3. Розподіл значень оцінки індексу математичної компетентності вчителів біології на базовому рівні**



**Рис. 4. Діаграма складності**

Як ми бачимо, найскладнішим виявилось завдання 15 (стандартний вигляд числа), 10 (ймовірно-комбінаторна задача), 1 (на дії зі звичайними дробами), 11 (класичне означення ймовірності), 13 (поділ числа у заданому відношенні), 9 (завдання на середнє зважене з відсотками). Легко побачити, що понад 40% вчителів не володіють базовою статистичною грамотністю.



**Рис. 5. Залежність значень середніх оцінок індикатора математичної грамотності PIV(1) від педагогічного стажу**

Дескриптивний аналіз (рис. 5) показує практичну незалежність значення оцінки індикатора математичної базової компетентності від стажу. Аналогічний результат ми отримали в роботі [7, с. 48-49 ] і для вчителів географії. Деяке зниження спостерігається для групи вчителів, які мають педагогічний стаж від 11 до 15 років. Статистична значущість тут нами також не досліджувалась через недостатню кількість даних та нерандомізований характер відбору респондентів.

Як ми бачимо, існує ціла низка проблем в математичній підготовці вчителів біології. Ці проблеми необхідно вирішувати в системі післядипломної педагогічної освіти.

**Висновки та перспективи подальших наукових розвідок.** Математичну компетентність вчителя біології можна розглядати як підсистему предметно-методичної компетентності вчителя, яка спрямована на виконання операційної, гносеологічної та аналітичної функції в роботі учителя. Сформована математична компетентність вчителя біології дозволяє якісно викладати свій предмет з урахуванням основних міжпредметних зав'язків. Зміст та структура математичної компетентності визначається професійною діяльністю вчителя біології. Аналіз такої діяльності дозволяє виділити перший, базовий, середній та високий рівні математичної компетентності. Відповідно до запропонованої нами моделі математичної компетентності вчителя біології, аналітична діяльність вчителя дозволяє обирати йому відповідний рівень математичної компетентності. Запропонований нами підхід для вимірювання рівнів математичної компетентності вчителів географії дозволив оцінити шанси розв'язувати задачі базового рівня математичної компетентності. За нашими оцінками виявлено, що порядку 30% вчителів біології мають деякі математичні проблеми, що знижують якість викладання свого предмета. До цих проблем, перш за все, відноситься, недостатня обчислювальна, геометрична, комбінаторно-ймовірнісна та статистична культури вчителя, а також невміння розв'язувати базові задачі планіметрії. Ці проблеми мають бути вирішеними системою післядипломної педагогічної освіти.

До подальших досліджень в цьому напрямі можна віднести деталізацію структури та змісту математичної компетентності вчителів біології, дослідження кореляції між рівнями математичної компетентності та іншими складовими предметно-методичної компетентності вчителя біології, розробка методичних систем розвитку математичної компетентності вчителів біології в системі післядипломної педагогічної освіти.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Акімова, О. В., Галузьяк, В.М. (2016). Формування загальнопедагогічної компетентності майбутніх учителів: монографія. (с. 16). Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». (Akymova, O. Halyzyak, V. (2016). Modeling of general pedagogical competence of future teachers: monograph. (p. 16). Vinnytsia: Nilan Ltd.)
2. Барабаш, Г. М. (2013). Вища математика для біологів. Частина 1. Навчально-методичний посібник у двох частинах. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка. (Barabash, H. (2013). Higher mathematics for biologists. Part 1. Training manual in two parts. – Lviv: LNU named after Ivan Franko.)
3. Барабаш, Г. М. (2014). Вища математика для біологів. Частина 2. Навчально-методичний посібник у двох частинах. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка. (Barabash, H. (2014). Higher mathematics for biologists. Part 2. Training manual in two parts. – Lviv: LNU named after Ivan Franko.)
4. Бондаренко, Т. (2012). Визначення змісту, структури та етапів формування методичної компетентності у майбутніх вчителів біології. Проблеми підготовки сучасного вчителя, 5, 150-155. (Bondarenko, T. (2012). Determining the content, structure and stages of formation of methodological competence in future biology teachers. Problems of modern teacher training, 5, 150-155.)
5. Кірман, В. К. (2017). Векторна модель математичної компетентності учителя математики та підходи до її ідентифікації. Актуальні питання природничо-математичної освіти, 2 (10), 94–101. (Kirman, V. K. Vector Model of the Mathematical Competence of the Mathematics Teachers and Approaches to its Identification. Current issues of natural and mathematical education, 2 (10), 94–101.)
6. Кірман, В. К. (2020). Формування готовності до пропедевтичної діяльності вчителів математики та природничих дисциплін. Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції, 51-54. (Kirman, V. 2020). Developing readiness of mathematics and natural sciences teachers to apply propaedeutic activity. Problems of development of professional competencies of teachers of natural sciences and mathematics: Collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific-practical conference, 51-54.)

7. Кірман, В. К., Соколова, Е. Т. (2020). Системний аналіз математичної компетентності вчителя географії. Наукові записки. Серія: педагогіка, 1, 41-51. (Kirman, V., Sokolova, E. (2020). System analysis of the geography teacher's mathematical competence. Proceedings. Series: pedagogy, 1, 41-51.)
8. Кочерга, Є. В. (2020). Місце здоров'язбережувальної компетентності у структурі професійної компетентності вчителя. Public communication in science: philosophical, cultural, political, economic and IT context: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 4, 64-66. (Kocherha, E. (2020) Place of health-preserving competence in the structure of professional competence of a teacher. Public communication in science: philosophical, cultural, political, economic and IT context: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 4, 64-66.)
9. Мостіпака, Т. П. (2014). Підготовка майбутніх учителів біології до використання здоров'язбережувальних технологій. Вісник Житомирського державного університету. Педагогічні науки, 6 (78), 225-229. (Mostipaka, T. P. (2014). Future Biology Teacher's Preparation to Use Health Saving Technologies. Bulletin of Zhytomyr State University. Pedagogical sciences, 6 (78), 225-229).
10. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> (New Ukrainian school. Conceptual principles of secondary school reform. Retrieved from: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>)
11. Проект Стандарту вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня освіти за спеціальністю 014 «Середня освіта (за предметними спеціальностями)». Режим доступу: <https://www.megu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/014-Sered.osv.bak..pdf>
12. (Draft Standard of Higher Education of Ukraine of the first (bachelor's) level of education in specialty 014 «Secondary education (by subject specialties)». Retrieved from: <https://www.megu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/014-Sered.osv.bak..pdf>).
13. Професійний стандарт за професіями «Вчитель початкових класів закладу загальної середньої освіти», «Вчитель закладу загальної середньої освіти», «Вчитель з початкової освіти (з дипломом молодшого спеціаліста)». Режим доступу: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=22469103-4e36-4d41-b1bf-288338b3c7fa&title=RestrProfesiinikhStandartiv> (Professional standard by professions «Primary school teacher of general secondary education», «Teacher of general secondary education», «Primary teacher (with a diploma of junior specialist)». Retrieved from: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=22469103-4e36-4d41-b1bf-288338b3c7fa&title=RestrProfesiinikhStandartiv>)
14. Пташенчук, О. О. (2017). Набуття дослідницької компетентності майбутніми вчителями біології як вимога часу. Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки», 4, 135-144. (Ptashenchuk, O. O. (2017) Acquirement of research competence by future teachers of biology as the need of the hour. Bulletin of the Cherkasy University. Series «Pedagogical Sciences», 4, 135-144).
15. Сидоренко, В. В. (2017). Розвиток професійної компетентності сучасного педагога в умовах відкритої освіти: кластерний аналіз. Професійна компетентність педагога в умовах оновленого змісту освіти та вимог ринку праці: III регіональна науково-практична конференція. Вінниця, 8-17. (Sydorenko, V. (2017). Development of professional competence of a modern teacher in the conditions of opened education: cluster analysis. Professional competence of a teacher in the conditions of the updated content of education and requirements of the labor market: III regional scientific-practical conference. Vinnytsia, 8-17.)
16. Случик, І., Спаська, А. (2017) Формування здоров'язбережувальної компетенції майбутнього вчителя біології. Гірська школа українських Карпат, 16, 118-120. (Sluchyk,

I., Spaska, A. (2017) Formation of the health protecting competence of future biology teacher. Mountain School of Ukrainian Carpaty, 16, 118-120.)

17. Федорович, А. В. (2018). Професійна компетентність як результат підготовки фахівця в закладі вищої педагогічної освіти. Вісник Черкаського університету. Серія «Педагогічні науки», 18, 109-115. (Fedorovych, Anna Vasylyvna. (2018). Professional competitiveness how the research of preparation of specialist in the higher pedagogical education. Bulletin of the Cherkasy University. Series «Pedagogical Sciences», 18, 109-115.)
18. Vitthalrao, B., Khyade & Hanumant V. Wanve (2018). Mathematics for Biological Sciences. Global Journal of Science Frontier Research: c Biological Science, 18 (1), 64-70.

**Кирман В. К., Чаус А. Г. Структурно-параметрическая модель математической компетентности учителя биологии и подходы к ее идентификации.**

*Цель статьи.* Целью статьи является анализ понятия и структуры математической компетентности учителя биологии.

*Методы исследования.* В исследовании, описанном в статье, применены, в основном, теоретические методы системного анализа, теоретическое моделирование педагогического процесса, мягкая экспертная оценка, выборочные методы.

*Результаты исследования.* Характер деятельности учителя биологии позволил выделить 21 направление математической деятельности, проведена их экспертная ранжировка, выделено три уровня (базовый, средний, повышенный) математической компетентности. Математическая компетентность, в соответствии с разработанной моделью, включает блоки предметно-методической и научно-аналитической деятельности учителя биологии, блоки аналитической, операционной и гносеологической функций, блок отбора типов математической деятельности, ядро и блок дополнительных типов деятельности. Получены также оценки сложности основных типов математических задач для учителей биологии и выявлены основные проблемные типы: задачи на действия с обычными и десятичными дробями, стандартным видом числа, деления в заданном отношении, комбинаторные, теоретико-вероятностные задачи, задачи анализа данных.

*Практическое значение исследования.* Проведенные исследования позволяют разработать методическую систему развития математической компетентности в системе непрерывного последипломного педагогического образования, усовершенствовать математическую подготовку будущих педагогов-биологов в педагогических университетах.

*Выводы и перспективы дальнейших научных исследований.* Сложившаяся математическая компетентность учителя биологии позволяет качественно преподавать свой предмет с учетом основных межпредметных связей. К дальнейшим исследованиям в этом направлении можно отнести детализацию структуры и содержания математической компетентности учителей биологии, исследования корреляции между уровнями математической компетентности и другими составляющими предметно-методической компетентности учителя биологии, разработка методических систем развития математической компетентности учителей биологии в системе последипломного педагогического образования.

**Ключевые слова:** математическая компетентность, профессиональная компетентность, учитель биологии, последипломное образование, педагогическое образование.

**Kyrman V. K., Chaus H. G. Structural parametric model of a biology teacher's mathematical competence and approaches to identification thereof.**

*Aim.* The aim of the paper is to analyze the concept and structure of a biology teacher's mathematical competence.

*Research methods.* In the research described in this paper, theoretical methods of systems analysis, theoretical modeling of pedagogical process, superficial peer review, and sampling methods are used.

*Research results.* The nature of a biology teacher's activity made it possible to identify 21 areas of mathematical activities; peer rating thereof was conducted; three mathematical competence levels (Elementary, Intermediate, Advanced) were identified. According to the developed model, mathematical competence includes blocks of subject-methodological and scientific analytical activities of a biology teacher, blocks of analytical, operational and gnoseological functions, a block for selecting mathematical activity types, a core and a block of secondary types of activities. Estimates of complexity of main types of mathematical problems for biology teachers were also obtained and key problem types were identified: operation problems on fractions and decimals, standard index form, and division in a given ratio, combinatorial, probabilistic theoretical problems, and data analysis problems.

*Practical implications.* The research conducted makes it possible to develop a methodological mathematical competence development system in the continuing postgraduate pedagogical education system and improve the level of mathematical training of future biology teachers at pedagogical universities.

*Conclusions and prospects for further research.* Developed mathematical competence of a biology teacher enables quality teaching of the corresponding subject taking into account key interdisciplinary relationships. Further research in this area includes detailing the structure and content of a biology teacher's mathematical competence, study of the correlation between mathematical competence levels and other components of a biology teacher's subject-methodological competence, and development of methodological systems for developing a biology teacher's mathematical competence in the postgraduate pedagogical education system.

**Keywords:** mathematical competence, competency-based approach, continuing pedagogical education.

**УДК 371.072**

**DOI 10.5281/zenodo.4450362**

**І. І. Проценко**

ORCID ID 0000-0003-1792-7200

**М. М. Бикова**

ORCID ID 0000-0002-0386-1856

Сумський державний педагогічний  
університет імені А. С. Макаренка

## **ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВЧИТЕЛЯ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ**

Сучасна реформа освіти передбачає перетворення освітнього процесу на інноваційне середовище. Проте, цей процес вимагає від педагога постійного розвитку у професійній діяльності, особливо, творчого зростання задля вдосконалення професійних компетентностей. Для досягнення мети використано загальнонаукові методи теоретичного рівня. З метою визначення стану та теоретичного обґрунтування сутності феномену «професійна компетентність учителів Нової української школи», використовувалися методи аналізу та узагальнення наукових даних, представлених у філософських, психолого-педагогічних, навчально-методичних та інструктивно-методичних джерелах для визначення основних педагогічних умов управління професійною компетентністю учителів Нової української школи. У дослідженні розглядаються педагогічні умови управління розвитком професійної компетентності педагогів Нової української школи. Ці умови передбачають створення належних умов для розвитку професійних компетентностей вчителя у закладах середньої освіти; використання в освітньому процесі пізнавальних ситуацій, що спонукають молодих учителів до усвідомлення цілей, змісту і засобів крізь призму культурної відповідності історичним та