

DOI [https://doi.org/10.58442/2218-7650-2024-28\(57\)-65-90](https://doi.org/10.58442/2218-7650-2024-28(57)-65-90)  
УДК 373.3/.5.016:54:51


**Кірман Вадим Кімович,**

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри  
математичної, природничої та технологічної освіти  
Комунального закладу вищої освіти  
«Дніпровська академія неперервної освіти»  
Дніпропетровської обласної ради».  
Дніпро, Україна.

 <https://orcid.org/0000-0002-8107-6618>  
[vadym.kirman@gmail.com](mailto:vadym.kirman@gmail.com)

**Некрасова Марія Михайлівна,**

старший викладач кафедри математичної, природничої та  
технологічної освіти Комунального закладу вищої освіти  
«Дніпровська академія неперервної освіти»  
Дніпропетровської обласної ради».  
Дніпро, Україна.

 <https://orcid.org/0009-0003-7209-0471>  
[nekrasova@dano.dp.ua](mailto:nekrasova@dano.dp.ua)

**Чаус Ганна Григорівна,**

кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри  
математичної, природничої та технологічної освіти  
Комунального закладу вищої освіти  
«Дніпровська академія неперервної освіти»  
Дніпропетровської обласної ради».  
Дніпро, Україна.

 <https://orcid.org/0000-0001-6581-6359>  
[annchaus@dano.dp.ua](mailto:annchaus@dano.dp.ua)

## **МАТЕМАТИЧНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ ТА ЇЇ СТРУКТУРА**

**Анотація.** Дану статтю присвячено аналізу структури математичної компетентності вчителя хімії. Математична компетентність вчителя хімії розглядається як складовий компонент професійної компетентності вчителя. Методологія дослідження спирається на аналогічні роботи авторів, що присвячено математичній компетентності вчителів інших предметів природничої освітньої галузі. У роботі обґрунтовано, що математичну компетентність вчителя хімії можна розглядати як підсистему предметно-методичної компетентності вчителя. Проведено експертний аналіз відповідності характеру математичної діяльності вчителя та його професійним функціям. Обґрунтовано, що структуру математичної компетентності вчителя хімії визначають діяльнісні

компоненти предметно-методичної компетентності, виділено основні напрямки такої діяльності. Для кожного напрямку виділяється індекс важливості, що визначається, як ймовірність звернення до відповідного напрямку в реальній роботі вчителя. Для математичної компетентності вчителя хімії побудовано структурну модель, що стала модифікацією відповідних моделей для математичної компетентності вчителів географії, біології, фізики, що розроблені авторами. Індекс рівня математичної компетентності визначається як середньозважене набраних балів за напрямками, де вагові коефіцієнти – індекси важливості. Таким чином, індекс рівня масштабується до величини ймовірності розв'язати навмання обрану задачу з популяції задач, що визначається характером діяльності вчителя. На основі розробленої моделі проведено апробацію вимірювання індексів математичної компетентності вчителів хімії через експериментальне дослідження методики вимірювання індексів рівня математичної компетентності. Встановлено оцінку середнього рівня математичної компетентності вчителя хімії – 0,61, медіану – 0,66. Виявлено деякі базові проблемні питання з математики для вчителів хімії. Серед них аналіз графіків функціональних залежностей, системи рівнянь, задачі з цілими числами. Отримані у роботі результати доводять необхідність коригування програм з математики в педагогічних та класичних університетах, а також введення в курси перепідготовки вчителів хімії в системі післядипломної педагогічної освіти математичних тренувальних блоків для удосконалення необхідних математичних навичок. Проведене дослідження дозволяє підтвердити висновок, зроблений в роботах авторів щодо інших предметів природничої освітньої галузі: необхідним для реалізації функцій предметно-методичної компетентності вчителя хімії є саме середній рівень математичної компетентності. Дослідження показує необхідність підняття рівня математичної компетентності вчителів для ефективною реалізації трудових функцій вчителя хімії. Можливі подальші розвідки з даної тематики також пов'язані з впровадженням модифікованих курсів підвищення кваліфікації вчителів хімії, що включають математичну складову та аналізом їх ефективності для практичної роботи вчителя.

**Ключові слова:** математична компетентність; професійна компетентність; вчитель хімії; післядипломна освіта; педагогічна освіта.

## **ВСТУП / INTRODUCTION**

**Постановка проблеми / Statement of the problem.** У сучасному освітньому середовищі післядипломної освіти важливо визначити той освітній шлях, який відповідає конкретним потребам та цілям вчителів, зокрема і хімії. Предметно-методична компетентність вчителя хімії є ключовою для успішної педагогічної діяльності. Ця компетентність включає в себе не лише розуміння предметної сфери (хімічних знань), володіння методиками навчання, а й володіння математичною компетентністю, яка сприяє ефективній передачі знань та розвитку аналітичного мислення учнів. Математика і хімія – два базові предмети, що тісно пов'язані. У процесі вивчення хімії, математичні обчислення є основним та інструментальним знанням, а математичні думки та методи можуть надати нові підходи для вивчення хімії [1,] [2]. Математична компетентність вчителя хімії є важливою складовою професійної підготовки педагога, оскільки хімія і математика мають глибокі зв'язки. Вивчення хімії потребує математичного знання, математичного мислення та навичок [3]. Багато наукових питань найкраще описуються математичними методами та моделями. Саме тому математику ставлять в основу наук.

Вивчення хімії в сучасному світі неможливо уявити без впровадження математичних методів та підходів, оскільки хімічні процеси і явища часто мають математичний вираз та вимагають від вчителя глибокого розуміння числових величин, формул і графіків. Для опанування багатьох тем з хімії здобувачам освіти необхідні знання з математики. Наприклад, при вивченні структури кристалічної ґратки потрібні просторові тривимірні уявлення. Багато проблем з підрахунками виникають при вивченні концентрацій, коефіцієнтів в хімічних рівняннях, при розрахунках рН [4, с. 12–17], [5], [6], [7].

Математика, як основний предмет для усіх наук, забезпечує методи міркування, вираження та підрахунків для вивчення та дослідження різних предметів [8], [9] і є невід'ємною частиною шкільного курсу [10], [11]. Недостатній рівень підготовки з математики може стати на заваді опануванню хімічних знань, а також роботі в сфері науки [12], [13]. На жаль, при вивченні хімії вчителі не приділяють достатньо уваги математичним знанням та математичним методам, що необхідні для опанування матеріалу [14], [15]. Більше того, недостатність знань з математики просто випускається з уваги, що призводить до подальших ускладнень [16].

Аналіз діяльності вчителя хімії показує, що математична компетентність є одним з ключових аспектів його професійної підготовки, оскільки вона дозволяє ефективно використовувати математичні знання для пояснення хімічних концепцій, проведення досліджень та розв'язання практичних завдань. Математична компетентність також включає розвиток критичного мислення учнів. Вчителю слід навчати учнів аналізувати та інтерпретувати математичні дані в контексті хімічних понять. Математична компетентність вчителя хімії – це здатність застосовувати математичні методи та концепції для розв'язання завдань, пов'язаних із викладанням та вивченням хімії. Ця компетентність включає в себе розуміння математичних понять, вміння проводити аналіз даних, використовувати математичні моделі для пояснення явищ хімічного характеру. Розуміння та використання математики допомагає вчителям хімії не лише ефективно викладати предмет, а й надає здобувачам освіти можливість краще розуміти хімічні концепції та їх застосування у реальному житті. У цілому, дослідження математичної компетентності вчителів хімії може допомогти вдосконалити навчання хімії та покращити успішність учнів у цьому предметі. Формування математичної компетентності вчителя хімії як науково-педагогічна проблема досліджена недостатньо. Вирішення зазначеної проблеми першочергово потребує визначення її сутності та структури для успішного розвитку та поглиблення фахових знань вчителів хімії.

**Аналіз (основних) останніх досліджень і публікацій / Analysis of (major) recent research and publications.** У науковій літературі накопичено значний теоретичний та практичний досвід стосовно питанню професійних компетентностей вчителів, які є ключовим елементом успішної освітньої системи. Так Ю. Скиба та Є. Кочерга розглядають як реалізуються педагогічні умови додаткового формування здоров'язберезувальної компетентності вчителів хімії в системі післядипломної освіти. Вони виокремлюють у її структурі ціннісно-мотиваційний, когнітивний, діяльнісний і особистісний компоненти, для розвитку яких визначають такі педагогічні умови як розвиток стійкої мотивації до здоров'язберезувальної діяльності, посилення відповідної компоненти змісту післядипломної освіти вчителів хімії та використання іноваційних технологій навчання при підвищенні кваліфікації [17]. О. Антонова та Н. Поліщук також визначають базові підходи до підготовки вчителів з питань формування в учнів здоров'язберезувальної компетентності. Вони зазначають, що найбільш продуктивними у підготовці вчителя до формування зазначеної компетентності учнів в

системі післядипломної освіти можна вважати основні методологічні підходи, до яких належать системний, аксіологічний, андрагогічний, акмеологічний, валеологічний, особистісно-орієнтований, діяльнісний, компетентнісний. Ці підходи поєднуються в системі післядипломної підготовки вчителя, що дозволяють подолати суперечність між зростаючими потребами в освітньому процесі [18]. С. Стрижак та О. Куленко виділяють такі складові професійно-педагогічної компетентності майбутніх вчителів природничих дисциплін: самоменеджмент, а також операційна, педагогічна, фахова, методична, загальнокультурна та психологічна компетентності [19]. Дослідження Н. Грабовського присвячено тому, як у системі післядипломної педагогічної освіти відбувається розвиток інформаційної компетентності вчителів природничої освітньої галузі [20]. Г. Чаус, Є. Кочерга, О. Романець визначають шляхи удосконалення інформаційно-цифрової компетентності вчителів природничої освітньої галузі [21]. Розвиток фахової компетентності вчителів природничої освітньої галузі висвітлено у роботі І. Шевченко [22]. У дослідженні В. Кірмана та Г. Чаус висвітлюється необхідність побудови моделі вимірювання предметної компетентності вчителя біології, як складової предметно-методичної компетентності [23].

Питання про професійну компетентність майбутнього вчителя хімії знайшли відображення у роботі [24]. Cai Anchen, Zhou Ying у своїх дослідженнях показали, що на об'єктивному рівні існує сильний позитивний лінійний зв'язок між математикою і хімією. Якщо здобувачі освіти покращують свої результати з математики, це також допоможе їм у вивченні хімії. Вони рекомендують зосереджуватися на взаємозв'язку між математикою і хімією в школі, використовуючи відповідні навчальні стратегії, підсилюючи застосування математичних знань у вивченні хімії та чітко розуміючи важливість вивчення математики [25]. Розвиток цифрових і наукових, технологічних, інженерних і математичних навичок у підготовці вчителів хімії знайшли відображення у роботі [26]. Усунення загальних недоліків математичних навичок серед викладачів хімії розглядається Paul Nnanyereugo Iwuanyanwu [27]. Міждисциплінарний підхід до освіти досліджували Matúš Ivan, Renata Šulcová. Вони зазначили, що найбільше труднощів у студентів викликають застосування алгебраїчних розрахунків у хімії, використання пропорцій, розв'язування рівнянь, вираження невідомого, просторова уява, геометрія та стереометрія, а також результуюче розташування атомів і форм молекул, хімічні аналітичні завдання з логічним мисленням, інтерпретація

інформації з графіків і таблиць, нанесення вимірних значень на графіки та статистичне оцінювання [28]. У роботі Iskandar Shernazarov дослідження спрямовано на формування математичної та природничо-наукової грамотності майбутніх вчителів хімії [29]. Проблемі професійної підготовки вчителів хімії приділяється значна увага, про що свідчить аналіз останніх досліджень і публікацій, проте, в сучасному освітньому середовищі важливою є не лише фахова підготовка вчителів хімії, але й їхній рівень математичної компетентності. Основний фокус уваги звертаємо на те, що недостатньо вивченими залишається низка питань, які стосуються змісту та структури математичної компетентності вчителів хімії в системі післядипломної освіти, а також підходи до її вимірювання [30].

## **МЕТА ТА ЗАВДАННЯ / AIM AND TASKS**

**Метою** статті є аналіз поняття математичної компетентності вчителя хімії та побудова її моделі

**Завдання.** У даній роботі для реалізації мети дослідження мають бути вирішеними такі задачі: визначення математичної компетентності вчителя хімії як підсистему в комплексі професійних компетентностей вчителя хімії, обґрунтування моделі математичної компетентності вчителя хімії, розробка підходів до ідентифікації параметрів моделі.

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ / THEORETICAL FRAMEWORK**

У роботах [30], [31], [32] розроблено концептуальні підходи моделювання та аналізу математичної компетентності вчителів природничої освітньої галузі, зокрема вчителів фізики, біології, географії. Центральним поняттям цього підходу стає математична діяльність вчителя. Для математичної діяльності виділяється три функції: операційна, гносеологічна, аналітична.

Гносеологічна функція математичної діяльності вчителя хімії спрямована на математичну інтерпретацію ключових понять фізико-хімічних явищ та процесів, в тому числі, які розглядаються у пропедевтичному контексті [33, с. 51–53] та при здійсненні науково-популярної мотивуючої діяльності. Така концепція стратегічної пропедевтики може включати в себе поняття маломірної топології, теорії графів та комбінаторного аналізу для уявлення ряба концепцій високомолекулярних сполук. Математична пропедевтика в контексті гносеологічної функції може діяти не безпосередньо, а наприклад, через фізику, зокрема, квантово-механічні уявлення та поняття статистичної фізики та термодинаміки, хімічної кінетики. Ці питання є достатньо

глибинними, пов'язаними з питаннями сучасного аналізу, теорії міри, теорії ймовірностей, теорію динамічних систем.

Операційна функція вчителя хімії передбачає безпосереднє використання алгебри, основ математичного та стохастичного аналізу при розв'язуванні шкільних задач з хімії, використання математичного моделювання та статистичного аналізу в наукових дослідженнях та базових задачах з організації експерименту, навчання учнів елементам математичного моделювання та статистичного аналізу. Як показує аналіз це використання пов'язано з простими поняттями пропорційного відношення, задачами на частки та відсотки, задачами з цілими числами (коефіцієнти в хімічних рівняннях), алгебраїчними рівняннями, системами рівнянь, в основному, лінійних, лінійних нерівностей, також в шкільних задачах хімії можуть використовуватися усі елементарні функції (крім тригонометричних), аналіз функціональних залежностей тощо. Звернемо увагу, що математичний апарат значно розширюється, якщо врахувати виконання операційної функції транзитно, тобто з урахуванням міжпредметних зав'язків з фізикою, біологією, географією.

Аналітична функція математичної діяльності вчителя хімії включає застосування математичних задач для статистичного аналізу ефективності процесу навчання хімії або, коли вчитель проводить дослідницьку роботу в галузі теорії та методики навчання хімії. Використання аналітичної функції є дуже важливим для об'єктивного аналізу результативності своєї роботи. Означення математичної компетентності вчителя хімії, як і для всіх вчителів природничої освітньої галузі спирається на її реалізацію через операційну, гносеологічну та аналітичну функції. Отже, математична компетентність вчителя хімії – це інтегральна якість особистості, що полягає у здатності та готовності використовувати математику для здійснення операційних, гносеологічних та аналітичних функцій діяльності вчителя хімії пов'язаної з навчанням [30], [31], [32].

Для аналізу відповідності між основним та професійними видами діяльності застосовуємо так звану таблицю відповідності (табл. 1). Саме така технологія розроблена нами в роботах [30], [32]. Числа на перетині відповідного рядочка та стовпчика визначають рівень важливості для основної професійної діяльності відповідної математичної діяльності: не важливо – 0, скоріше не важливо, ніж важливо – 1, скоріше важливо, ніж не важливо – 2, важливо – 3.

Таблиця 1

Таблиця діяльнісної відповідності

№ з/п	Напрямок діяльності задач / Види професійної діяльності вчителя фізики	Організація дослідно-експериментальної діяльності учнів	Навчання хімічній термодинаміці	Навчання основам теорії високомолекулярних сполук	Навчання хімічній кінетиці	Навчання теорії розчинів	Навчання якісних задач в органічній хімії	Навчання стехіометрії	Навчання основам теорії ізомерії	Навчання аналізу складу сумішей	Навчання аналізу реакцій за участю газоподібних речовин	Аналітична діяльність
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Операції з числами	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3
2	Перетворення виразів	2	3	2	3	3	1	1	1	3	3	3
3	Основи математичного моделювання	2	3	1	2	1	1	2	3	2	3	3
4	Елементарні методи аналізу функції	2	3	0	3	2	0	1	2	2	3	3
5	Алгебраїчні та трансцендентні рівняння	0	3	0	3	3	0	0	1	1	2	3
6	Алгебраїчні нерівності	3	3	2	2	2	0	1	0	1	2	2
7	Основи математичного аналізу	2	1	1	1	1	0	2	0	1	1	2
8	Диференціальне та інтегральне числення	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	Стереометрія	1	1	3	1	0	1	0	3	0	1	2
10	Основи теорії ймовірностей	2	2	2	2	0	0	1	1	1	1	2
11	Основи математичної статистики	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3



Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	Графи, комбінаторний аналіз	2	1	3	0	0	1	0	3	0	0	2
13	Динамічні системи	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	3
14	Основи теорії чисел та подільності	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	0
15	Групи перетворень	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
16	Основи обчислювальної математики та асимптотичних методів	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2
17	Основи математичної (формальної) логіки та теорії алгоритмів	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2

Принциповим, на нашу думку, є проєкція центральної змістової лінії курсу математики в хімію – змістової лінії функцій. З функціями пов'язаним є аналіз закономірностей, що стає найважливішим з позицій усіх природничих наук. І хоча безпосередньо формально в курсі хімії не так активно виписуються функціональні закономірності, як у фізиці, але вони також присутні (табл. 2).

Таблиця 2

### Основні функціональні залежності в хімії

Тип функції	Приклад застосування
Лінійна функція	Розрахунки масових та об'ємних часток, концентрацій практичного виходу продукту реакцій, титрування
Степенева залежність	Хімічна кінетика та рівноважні процеси
Показникова функція	Хімічна кінетика
Логарифмічна функція	Хімічна термодинаміка, розрахунок активності йонів, розрахунок рН та рОН

Дані таблиці 1 дозволяють нам визначити ранги важливості математичної діяльності вчителя хімії. Ранг важливості – це сума індексів важливості відповідного виду математичної діяльності (визначається як сума чисел у кожному рядочку) (рис. 1).

Залежно від рівня важливості виділяємо групу базових видів математичної діяльності – там, де рівень важливості перевищує 20.

Середній рівень компетентності включає види діяльності з рівнем від 15. Зрозуміло, що високий рівень включає усю можливу діяльність.

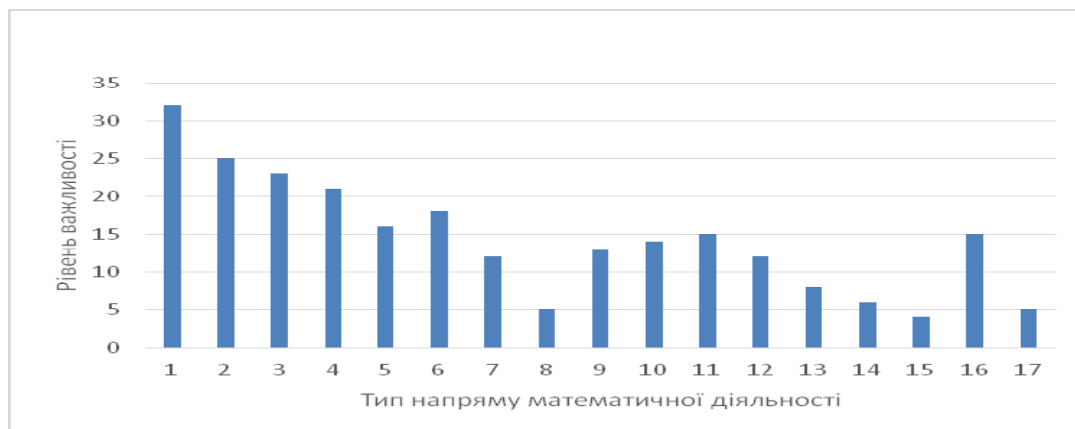


Рис. 1 Ранги видів математичної діяльності вчителя хімії за таблицею діяльнісної відповідності в залежності від сумарної важливості

Ідея формування рівнів, як ми бачимо ґрунтується на рекурентному співвідношенні:

$$PIB(n + 1) = PIB(n) + \text{ДОДАТКОВИЙ ЗМІСТ}$$

У цілому, математична компетентність вчителя хімії має базуватися на ядрі – базисному рівні компетентності, ми його позначаємо  $PIB(1)$ . Але простий аналіз показує, що діяльність вчителя не може вичерпуватися лише  $PIB(1)$ , також може включати компоненти  $PIB(2)$ , що не входять в  $PIB(1)$ , а також додаткові компоненти  $PIB(3)$ . Модель математичної компетентності вчителя хімії абсолютно ідентична відповідній моделі вчителя фізики, що розроблено нами в [32] (рис. 2).



Рис. 2 Схема моделі математичної компетентності вчителя хімії [32]

Як ми бачимо з моделі, предметно-педагогічна діяльність учителя хімії визначає наповнення для операційної та гносеологічної функції, що у свою чергу формує зміст компонент РІВ (1), РІВ (2), РІВ (3). Предметно-педагогічна діяльність вчителя та його науково-аналітична діяльності пов'язані зворотнім зв'язком. Науково-аналітична діяльність вчителя, очевидно, формує новий добір типів математичної діяльності а також аналітичну функцію математичної компетентності вчителя.

## **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ / RESEARCH METHODS**

У наших роботах [30], [31], [32] підкреслювалася неможливість введення єдиного числового індикатора для математичної компетентності, тому мова може йти лише про індикатор на відповідному рівні. Ми досліджуємо відповідні показники для рівня РІВ (2).

Так як і у працях [30], [31], [32] розглядаємо рівневий індикатор математичної компетентності. Пропонується 15 класів задач, що відображають структуру РІВ (2). А саме: 1) задачі з натуральними числами та десятковими дробами; 2) вирази з дробами; 3) перетворення простих алгебраїчних виразів; 4) розпізнавання графічних образів основних елементарних функцій; 5) найпростіше квадратне рівняння; 6) рівняння, що зводиться до лінійного; 7) найпростіше раціональне рівняння; 8) лінійна нерівність; 9) графічний аналіз нерівності; 10) задача на пряму пропорційність; 11) задача на знаходження числа по дробу; 12) задача на знаходження відсотку від числа; 13) задача на пропорційне відношення з цілими числами; 14) задача на графічний аналіз лінійної функції; 15) система лінійних нерівностей. Для обчислення рівневого індикатора для РІВ (2) використовуємо методу, що описано в роботах [30], [31], [32], [33], [34].

Тестові завдання було запропоновано 241 учителям хімії під час проходження ними курсів підвищення кваліфікації у Дніпровській академії неперервної освіти. Репрезентативність вибірки обумовлено рівномірністю проходження вчителями області курсів протягом року. Для обробки даних застосовувались методи дескриптивної статистики, візуалізація кореляційних залежностей, методи перевірки статистичних гіпотез, а саме критерій Пірсона як критерій незалежності [35, с. 324–328].

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ / RESEARCH RESULTS**

Загальний результат вимірювань зображено на рис. 3.

Середнє значення для розподілу дорівнює – 0,61, медіана – 0,67, середнє квадратичне відхилення – 0,25. У розподілі єдиний модальний інтервал 0,6–0,8. 50-відсотковий бар'єр не подолали приблизно 50 % респондентів.

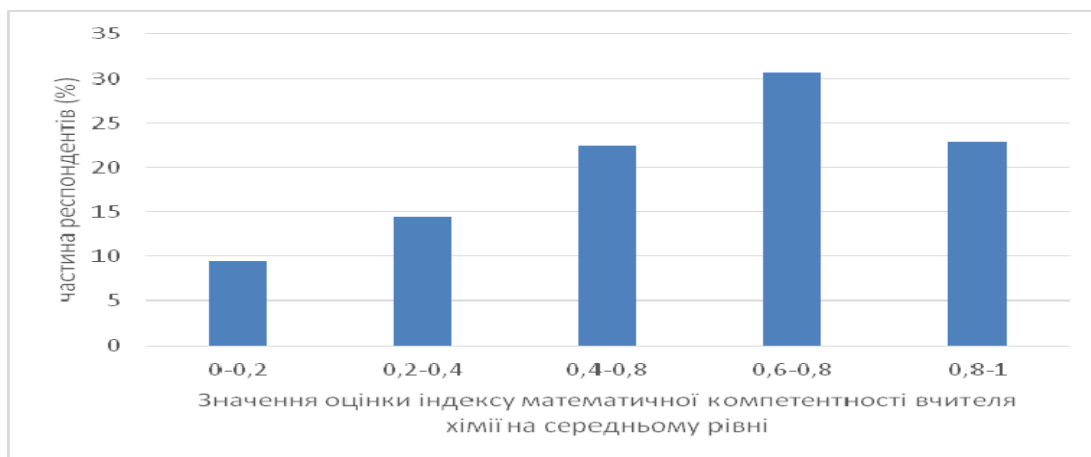


Рис. 3 Розподіл значень оцінки індексу математичної компетентності вчителів хімії на середньому рівні

На діаграмі складності (рис. 4) відображено відсоток респондентів, які розв'язали відповідні завдання зі списку 15 запропонованих.

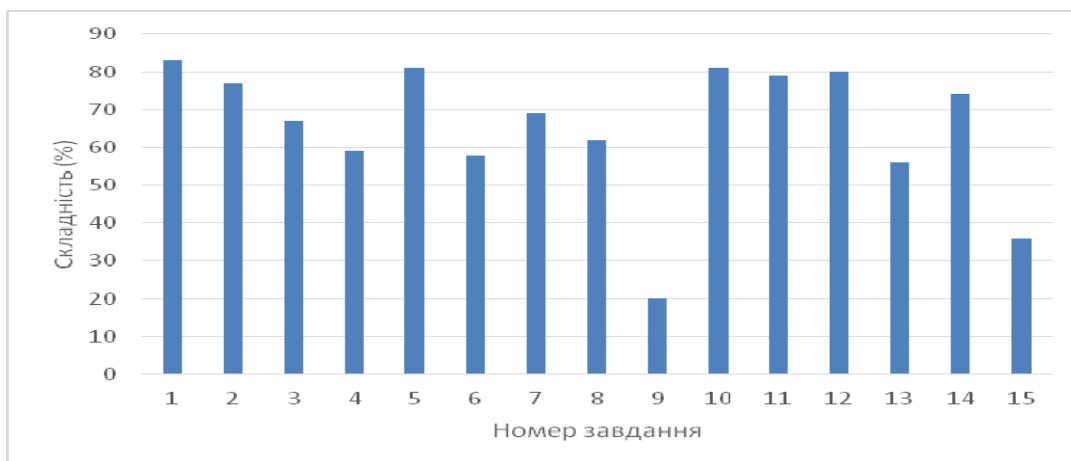


Рис. 4 Діаграма складності

Для вчителів хімії найскладнішими виявилися завдання на систему рівнянь (15), графічний аналіз нерівності (9), пропорційні відношення з цілими числами (13), рівняння, що зводиться до лінійного (6), розпізнавання графічних образів основних елементарних функцій (4). В цілому, як ми бачимо, ключові проблеми стосуються змістової лінії функцій.

Спроба дослідження кореляційного зв'язку значення індексу рівня математичної компетентності та педагогічного стажу показує наочно його відсутність, відповідна корелограма ілюструє відсутність такої кореляційної залежності (рис. 5).

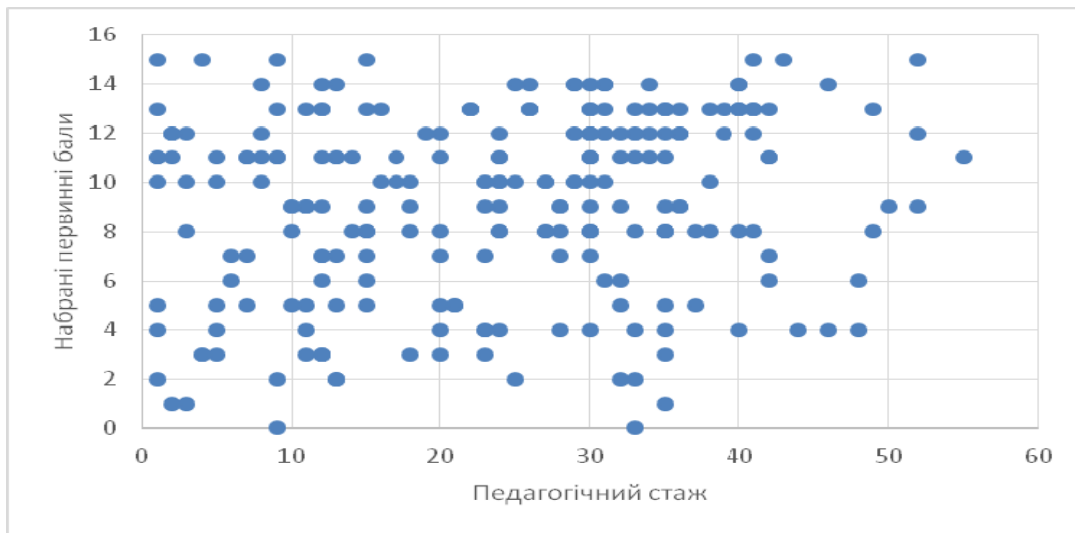


Рис. 5 Корелограма «педагогічний стаж – первинні бали»

Також можливо перевірити гіпотезу про залежність значення оцінки індикатора математичної компетентності від педагогічного стажу. Дескриптивний аналіз (рис. 6) показує, деяку різницю математичної компетентності для вікових категорій.

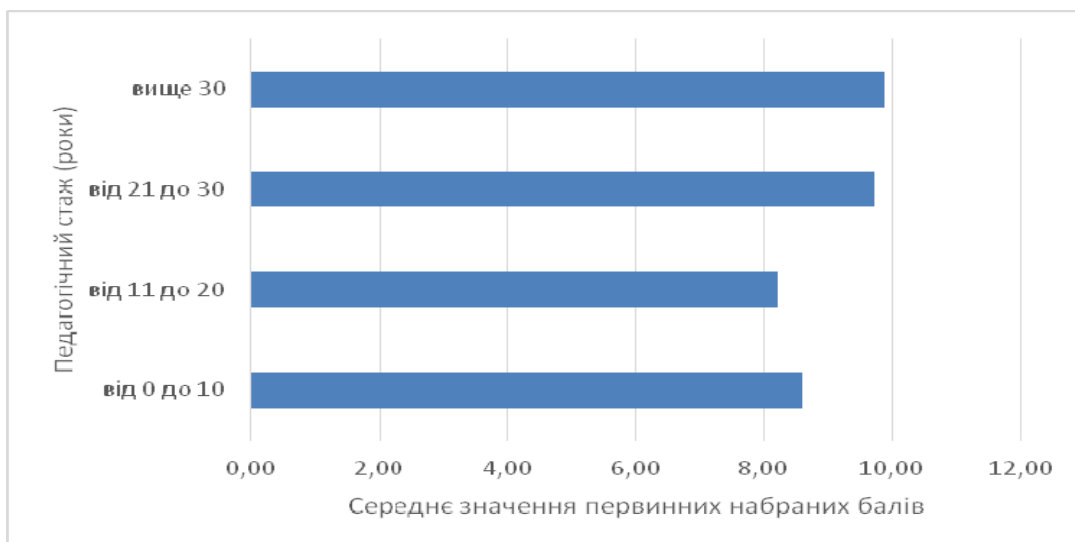


Рис. 6 Залежність середніх значень первинних набраних балів для індикатора математичної грамотності РІВ (2) від педагогічного стажу

Більш детально перевіряємо гіпотезу про незалежність результатів тестування від педагогічного стажу за допомогою критерія Пірсона. Для цього складаємо таблицю спряженості (табл. 3).

Таблиця 3

**Таблиця спряженості для аналізу залежності індексу математичної компетентності від педагогічного стажу**

Педагогічний стаж	Діапазони набраних первинних балів					Усього
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	
0-10	8	7	6	18	6	45
11-20	8	8	16	11	8	51
21-30	2	7	16	23	14	62
Більше 30	5	13	16	22	27	83
Усього	23	35	54	74	55	241

Розрахунки дають значення статистики Пірсона 53,02, критичне значення на рівні значущості 0,05 зі ступенем вільності 12 для розподілу Пірсона дорівнює 21,03, таким чином гіпотеза про незалежність відхиляється. Отже, можна вести розмову про залежність рівня математичної компетентності вчителів хімії від педагогічного стажу. Водночас для вчителів географії [31 с. 48–49], біології [30, с. 108] та фізики [32, с. 102] отримано протилежні результати. Важливо відзначити існування залежності індексу рівня математичної компетентності вчителів хімії від педагогічного стажу, але відсутність кореляційної залежності.

Аналогічно досліджується статистична залежність між результатами оцінювання індексу рівня математичної компетентності та кваліфікаційною категорією учителя. Як видно з рис. 7 вчителі вищої категорії отримують більш високі бали в середньому ніж інші вчителі, це свідчить на користь гіпотези про залежність значень індексу рівнів математичної компетентності від категорії.

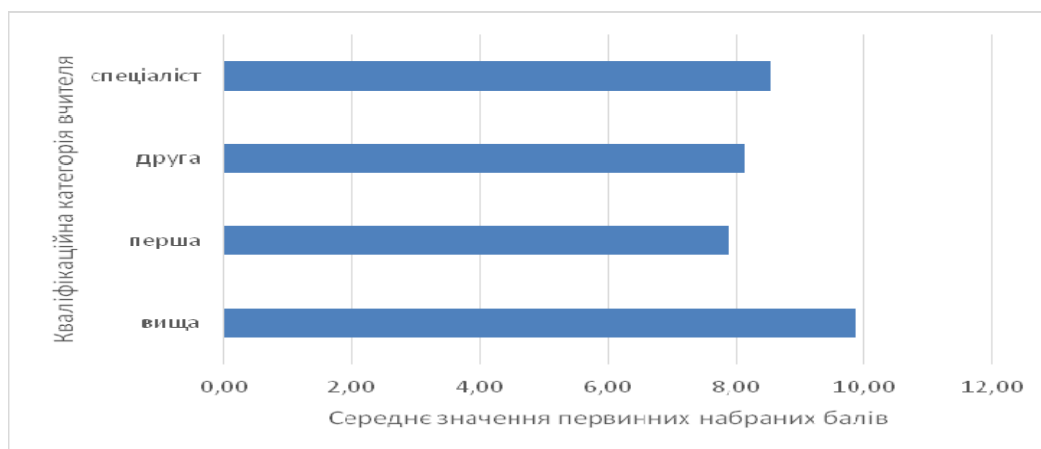


Рис. 7. Залежність значень середніх значень первинних набраних балів для індикатора математичної грамотності РІВ (2) від кваліфікаційної категорії

Аналогічно перевіряємо гіпотези про незалежність або залежність результатів тестування від кваліфікаційної категорії за допомогою критерія Пірсона. Розрахунки проводяться за допомогою таблиці спряженості (табл. 4).

Таблиця 4

**Таблиця спряженості для аналізу залежності індексу математичної компетентності від кваліфікаційної категорії**

Кваліфікаційна категорія	Діапазони набраних первинних балів					Усього
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	
Вища	6	19	38	50	39	152
Перша	8	7	11	6	9	41
Друга	4	4	5	8	2	23
Спеціаліст	4	5	2	10	4	25
Усього	22	35	56	74	54	241

Тут розрахунки дають значення статистики Пірсона 124,04, критичне значення розподілу Пірсона беремо також на рівні значущості 0,05 зі ступенем вільності 12, що дорівнює 21,03, таким чином гіпотеза про незалежність відхиляється. Таким чином, і у даній ситуації можна вважати, що маємо залежність рівня математичної компетентності вчителів хімії від кваліфікаційної категорії.

## ВИСНОВКИ / CONCLUSIONS

Математичну компетентність вчителя хімії можна розглядати, як підсистему предметно-методичної компетентності педагога. Математична компетентність реалізується через операційну, гносеологічну та аналітичну функції. Для здійснення науково-пошукової діяльності вчителя та організації дослідницької діяльності здобувачів освіти вчителю необхідно вільно володіти високим рівнем математичної компетентності. Більш детальний аналіз показує, що для здійснення більшості трудових функцій учителя достатнім є середній рівень математичної компетентності.

Для визначення рівня математичної компетентності можна використовувати індикатор рівня математичної компетентності, який характеризує ймовірність розв'язування задач середнього рівня фахівцем, популяція відповідних задач визначається трудовими функціями учителя. Нами встановлено, що лише порядку 50 % вчителів хімії можуть розв'язати навмання обрану математичну задачу, що має відношення до курсу хімії з ймовірністю, що перевищує 0,5. Оцінка математичного сподівання та медіани для індикатора рівня математичної компетентності дорівнюють відповідно 0,61 та 0,67. Ці результати для вчителів хімії краще ніж показники, отримані при дослідженні математичної компетентності

вчителів інших спеціальностей природничої освітньої галузі.

Виявлено, що рівень математичної компетентності вчителів хімії залежить як від педагогічного стажу, так і від кваліфікаційної категорії, водночас кореляційна залежність індексу рівня математичної компетентності від стажу відсутня.

**Перспективи подальших досліджень у цьому напрямі / Prospects for further research in this direction.** До базових проблем математичної компетентності вчителів хімії можна віднести питання змістової лінії функцій, а також рівнянь, нерівностей і цілочисельних задач. Цю інформацію треба враховувати при підготовці майбутніх вчителів хімії у класичних та педагогічних університетах, а також в системі післядипломної педагогічної освіти. Тому можливі подальші дослідження передбачають впровадження тренінгів, спецкурсів, блоків практичних занять на курсах підвищення кваліфікації вчителів, що пов'язано з розвитком математичної компетентності та аналізом їх ефективності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

- [1] K. C. de Berg, «Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of Chemistry», *Educación química*, vol. 23, pp. 265–270, 2012. [Online]. Available: <https://is.gd/0700eB> Application date: March 05, 2024.
- [2] J. C. Adigwe, «Effects of Mathematical Reasoning Skills on Students ' Achievement in Chemical Stoichiometry», *Review of Education Institute of Education Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 1–22, 2013.
- [3] K. Bain, J. M. G. Rodriguez, and M. H. Towns, «Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning», *Journal of Chemical Education*, vol. 96, no. 10, pp. 2086–2096, 2019. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1231284> Application date: March 05, 2024.
- [4] V. J. Wong, «The relationship between school science and mathematics education», Ph.D. Thesis; King's College. London, 2008.
- [5] J. Vigo-Aguiar, and E. J. Brändas, «Mathematical and computational tools in theoretical chemistry», *Journal of Mathematical Chemistry*, vol. 48, no. 1, pp. 1–2, 2010. [Online]. Available: <https://is.gd/iHpScJ> Application date: March 05, 2024.
- [6] U. Udousoro, «The Effects of Gender and Mathematics Ability on Academic Performance of Students in Chemistry», *African Research Review*, vol. 5, no. 4, pp. 201–213, 2011. [Online]. Available: <https://www.ajol.info/index.php/afrrrev/article/view/69277>



Application date: March 05, 2024.

- [7] M. Effiong, U. Theresa, and M. Udofia, «Effects of mastery learning strategy on students, achievement in symbols, formulae, and equations in chemistry», *Journal of Educational Research and Reviews*, vol. 2, no. May, pp. 28–35, 2014. [Online]. Available: <https://is.gd/5VYFK1> Application date: March 05, 2024.
- [8] M. P. Martin-Raugh, C. M. Reese, H. Howell, R. J. Tannenbaum, J. H. Steinberg, and J. Xu, *Investigating the Relevance and Importance of Mathematical Content Knowledge Areas for Beginning Elementary School Teachers*. Princeton, New Jersey: Educational Testing Service, 2016. [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570636.pdf> Application date: March 05, 2024.
- [9] Y. P. Pereira, J. Wijaya, T. T. Zhou, «Learning points, lines, and plane geometry with Hawgent dynamic mathematics software», *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1882, 2020. [Online]. Available: <https://is.gd/5rzQEB> Application date: March 05, 2024.
- [10] S. Högskola, and L. E. Turner, «Cultivating a research imperative: Mentoring mathematics at», *Historia Mathematica*, vol. 50, pp. 50–83, 2020.
- [11] M. M. Thomson, J. E. Turner, and J. L. Nietfeld, «A typological approach to investigate the teaching career decision: Motivations and beliefs about the teaching of prospective teacher candidates», *Teaching and Teacher Education*, vol. 28, no. 3, pp. 324–335, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.10.007> Application date: March 05, 2024.
- [12] K. C. De Berg, «Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of Chemistry», *Educación Química*, vol. 23, pp. 265–270, 2012. [Online]. Available: <https://is.gd/2TNFjb> Application date: March 05, 2024.
- [13] S. Celik, «Chemical literacy levels of science and mathematics teacher candidates», *Australian Journal of Teacher Education*, vol. 39, no. 1, pp. 1–15, 2014. [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1016513.pdf> Application date: March 05, 2024.
- [14] K. C. De Berg, «The Reaction and Its Equilibrium Constants: The Role of Mathematics and Data Analysis», in *SpringerBriefs in Molecular Science*, pp. 53–69, 2019. [Online]. Available: <https://is.gd/vDh8Ik> Application date: March 05, 2024.
- [15] K. Bain, J. M. G. Rodriguez, and M. H. Towns, «Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning», *Journal of Chemical Education*, vol. 96, no. 10, pp. 2086–2096, 2019.

- [16] İ. Güneş, Z. Özsoy-Güneş, Y. Derelioğlu, and F. G. Kirbaşlar, «Relations between Operational Chemistry and Physics Problems Solving Skills and Mathematics Literacy Self-efficacy of Engineering Faculty Students», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 174, pp. 457–463, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.689> Application date: March 05, 2024.
- [17] Ю. А. Скиба, та Є. В. Кочерга, «Реалізація педагогічних умов розвитку здоров'язбережувальної компетентності вчителів хімії у закладах післядипломної освіти», *Вісник післядипломної освіти. Серія «Педагогічні науки»*, вип. 11(40), с. 170–182, 2020. [https://doi.org/10.32405/2218-7650-2020-11\(40\)-170-182](https://doi.org/10.32405/2218-7650-2020-11(40)-170-182) Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [18] О. Є. Антонова, Н. М. Поліщук, «Науково-теоретичні засади підготовки вчителя у системі післядипломної педагогічної освіти до збереження здоров'я учнів», *Андрогогічний вісник*, вип. 9, с. 46–58, 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://is.gd/ADhtT2> Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [19] С. В. Стрижак, О. А. Куленко, «Формування професійно-педагогічної компетентності майбутніх учителів природничих дисциплін», на I Всеукр. наук.-практ. конф. *Тенденції і проблеми розвитку сучасної хімічної освіти*. Івано-Франківськ, 2019, с. 38–42.
- [20] П. П. Грабовський, «Розвиток інформаційної компетентності вчителів природничо-математичних предметів у післядипломній педагогічній освіті», дис. канд. наук. Київ, 2016.
- [21] Г. Г. Чаус, Є. В. Кочерга, та О. А. Романець. «Удосконалення інформаційно-цифрової компетентності вчителів природничої освітньої галузі як основа якісного дистанційного навчання учнів», *Науковий журнал Хортицької національної академії. Педагогіка. Соціальна робота*, вип. 2(7), с. 37–46, 2022. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://journal.khnnra.edu.ua/index.php/files/article/view/25> Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [22] І. А. Шевченко, «Розвиток фахової компетентності вчителів природничих дисциплін у післядипломній педагогічній освіті», дис. канд. наук. Вінниця, 2018.
- [23] В. Кірман, та Г. Чаус, «Про вимірювання параметрів предметно-методичної компетентності вчителів біології закладів загальної середньої освіти», *Вісник Дніпровської академії неперервної освіти. Філософія. Педагогіка*, № 1(2), с. 45–51, 2022. <https://doi.org/10.54891/2786-7005-2022-1-8> Дата звернення: Берез.

05, 2024.

- [24] G. Z. Niyazova, K. M. Berkimbaev, R. S. Praliev, D. K. Berdi, A. K. Bimaganbetova, «To the question of professional competence of teacher of chemistry», *Life Science Journal*, vol. 10(9s), pp. 193–197, 2013. [Online]. Available: <https://is.gd/lqnf90> Application date: March 05, 2024.
- [25] C. Anchen, and Z. Ying, «Mathematics learning permormance: its correlation with chemistry learning performance», *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 05(2), pp. 134–146, 2022. [Online]. Available: <https://is.gd/MoZlZ1> Application date: March 05, 2024.
- [26] M. Elías, J. Pérez, M. Del R. Cassot, E. A. Carrasco, M. Tomljenovic, E. A. Zúñiga, «Development of digital and science, technology, engineering, and mathematics skills in chemistry teacher training», *Frontiers in Education. Sec. STEM Education*, vol. 7, pp. 1–17, 2022. [Online]. Available: <https://is.gd/Bwgan0> Application date: March 05, 2024.
- [27] P. N. Iwuanyanwu, «Addressing common deficiencies of mathematics skills among chemistry student teachers», *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, vol. 17, № 1, 2021. [Online]. Available: <https://www.ajol.info/index.php/ajesms/article/view/223237> Application date: March 05, 2024.
- [28] Matúš Ivan, and Renata Šulcová, «Mathematics, chemistry, and science connection as a basis of scientific thinking», *SHS Web of Conferences* 37, 01017, 2017. [Online]. Available: <https://is.gd/q4WP1N> Application date: April 05, 2024.
- [29] I. E. Shernazarov, «Improvement of the task aimed at the development of mathematical and natural science literacy of future chemistry teachers on the basis of ix adaptation to the educational process», *International scientific journal. Innovation the journal of social sciences and researches*, vol. 1, is. 5, pp. 31–39, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552673> Application date: April 05, 2024.
- [30] В. Кірман, та Г. Чаус, «Структурно-параметрична модель математичної компетентності вчителя біології та підходи до її ідентифікації», *Актуальні питання природничо-математичної освіти*, вип. 1(15), с. 100–112, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://is.gd/lawQkH> Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [31] В. К. Кірман, та Е. Т. Соколова, «Системний аналіз математичної компетентності вчителя географії», *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*, вип. 1, с. 41–51, 2020. <https://doi.org/10.25128/2415-3605.20.1.10> Дата звернення: Берез.

05, 2024.

- [32] В. Кірман, О. Романець, та Г. Чаус, «Модель математичної компетентності вчителя фізики», *Вісник Дніпровської академії неперервної освіти. Філософія. Педагогіка*, № 1(4), с. 97–104, 2023. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://visnuk.dano.dp.ua/index.php/pp/article/view/110> Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [33] В. К. Кірман, «Формування готовності до пропедевтичної діяльності вчителів математики та природничих дисциплін», на *Всеукр. наук.-практ. конф. Проблеми розвитку професійних компетентностей вчителів природничо-математичного напрямку*. Дніпро, 2020, с. 51–54.
- [34] В. К. Кірман, «Векторна модель математичної компетентності учителя математики та підходи до її ідентифікації», *Актуальні питання природничо-математичної освіти*, № 2(10), с. 94–101, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://is.gd/3ebjlf> Дата звернення: Берез. 05, 2024.
- [35] В. М. Турчин, *Теорія ймовірностей і математична статистика. Основні поняття, приклади, задачі*. Дніпропетровськ, Україна: ІМА-прес, 2014.

## MATHEMATICAL COMPETENCE OF THE CHEMISTRY TEACHER AND ITS STRUCTURE

### **Vadym Kirman,**

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor  
Head of the Department of Mathematical, Natural and  
Technological Education, Communal Institution of Higher  
Education «Dnipro Academy of Continuing  
Education» of the Dnipropetrovsk Regional Council». Dnipro, Ukraine.

 <https://orcid.org/0000-0002-8107-6618>  
[vadym.kirman@gmail.com](mailto:vadym.kirman@gmail.com)

### **Maria Nekrasova,**

Senior Lecturer of the Department of Mathematical, Natural and  
Technological Education, Communal Institution of Higher  
Education «Dnipro Academy of Continuing  
Education» of the Dnipropetrovsk Regional Council». Dnipro, Ukraine.

 <https://orcid.org/0009-0003-7209-0471>  
[nekrasova@dano.dp.ua](mailto:nekrasova@dano.dp.ua)

**Hanna Chaus,**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Mathematical, Natural and  
Technological Education, Communal Institution of Higher  
Education «Dnipro Academy of Continuing  
Education» of the Dnipropetrovsk Regional Council».  
Dnipro, Ukraine.

 <https://orcid.org/0000-0001-6581-6359>  
[annchaus@dano.dp.ua](mailto:annchaus@dano.dp.ua)

**Abstract.** This article is dedicated to analyzing the structure of mathematical competence of chemistry teachers. The mathematical competence of chemistry teachers is considered as a component of their professional competence. The research methodology is based on similar works devoted to the mathematical competence of teachers in other natural science subjects. The paper argues that mathematical competence of chemistry teachers can be regarded as a subsystem of the subject-methodological competence of teachers. An expert analysis of the correspondence between the nature of mathematical activities of teachers and their professional functions has been conducted. It has been argued that the structure of the mathematical competence of chemistry teachers has been determined by the activity components of subject-methodological competence, and the main directions of such activity has been identified. For each direction, an importance index has been assigned and defined as the probability of referring to the respective direction in the teacher's actual work. For the mathematical competence of chemistry teachers, a structural model has been constructed, which has become a modification of the respective models for the mathematical competence of geography, biology, and physics teachers developed by the authors. The index of the level of mathematical competence has been determined as the weighted average of scores obtained for the directions, where the weighting coefficients have been the importance indices. Thus, the level index has been scaled to the probability of randomly solving a selected problem from the problem population, which has been determined by the teacher's activity. Based on the developed model, measurement indices of the mathematical competence of chemistry teachers have been tested through experimental research of the measurement methodology and indices of mathematical competence level. The assessment of the average level of mathematical competence of chemistry teachers has been established as 0.61, with a median of 0.66. Some fundamental problematic

issues in mathematics for chemistry teachers have been identified. The analysis of graphs of functional dependencies, systems of equations, and problems involving integer numbers have been among them. The results that have been obtained in the study demonstrate the necessity of adjusting mathematics programs in pedagogical and classical universities, as well as introducing mathematical training modules into professional development courses for chemistry teachers in the system of postgraduate pedagogical education to enhance the necessary mathematical skills. The conducted research has corroborated the authors' conclusion from other studies in the natural sciences field: a middle level of mathematical competence is essential for chemistry teachers to effectively fulfill their subject-methodological competency functions. The study has been demonstrated the necessity of raising the level of mathematical competence among teachers for the effective fulfillment of the job functions of chemistry teachers. Possible further investigations in this area are also related to the implementation of modified professional development courses for chemistry teachers, which include a mathematical component and an analysis of their effectiveness for the practical work of teachers.

**Keywords:** mathematical competence; professional competence; chemistry teacher; postgraduate education; pedagogical education.

#### **ПЕРЕКЛАД, ТРАНСЛІТЕРАЦІЯ / TRANSLATED AND TRANSLITERATED**

- [1] K. C. de Berg, «Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of Chemistry», *Educación química*, vol. 23, pp. 265–270, 2012. [Online]. Available: <https://is.gd/0700eB> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [2] J. C. Adigwe, «Effects of Mathematical Reasoning Skills on Students ' Achievement in Chemical Stoichiometry», *Review of Education Institute of Education Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 1–22, 2013. (in English)
- [3] K. Bain, J. M. G. Rodriguez, and M. H. Towns, «Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning», *Journal of Chemical Education*, vol. 96, no. 10, pp. 2086–2096, 2019. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1231284> Application date: March 05, 2024. (in English)

- [4] V. J. Wong, «The relationship between school science and mathematics education», Ph.D. Thesis; King's College. London, 2008. (in English)
- [5] J. Vigo-Aguiar, and E. J. Brändas, «Mathematical and computational tools in theoretical chemistry», *Journal of Mathematical Chemistry*, vol. 48, no. 1, pp. 1–2, 2010. [Online]. Available: <https://is.gd/ihpScI> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [6] U. Udousoro, «The Effects of Gender and Mathematics Ability on Academic Performance of Students in Chemistry», *African Research Review*, vol. 5, no. 4, pp. 201–213, 2011. [Online]. Available: <https://www.ajol.info/index.php/afrrrev/article/view/69277> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [7] M. Effiong, U. Theresa, and M. Udofia, «Effects of mastery learning strategy on students, achievement in symbols, formulae, and equations in chemistry», *Journal of Educational Research and Reviews*, vol. 2, no. May, pp. 28–35, 2014. [Online]. Available: <https://is.gd/5VYFK1> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [8] M. P. Martin-Raugh, C. M. Reese, H. Howell, R. J. Tannenbaum, J. H. Steinberg, and J. Xu, *Investigating the Relevance and Importance of Mathematical Content Knowledge Areas for Beginning Elementary School Teachers*. Princeton, New Jersey: Educational Testing Service, 2016. [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED570636.pdf> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [9] Y. P. Pereira, J. Wijaya, T. T. Zhou, «Learning points, lines, and plane geometry with Hawgent dynamic mathematics software», *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1882, 2020. [Online]. Available: <https://is.gd/5rzQEB> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [10] S. Högskola, and L. E. Turner, «Cultivating a research imperative: Mentoring mathematics at», *Historia Mathematica*, vol. 50, pp. 50–83, 2020. (in English)
- [11] M. M. Thomson, J. E. Turner, and J. L. Nietfeld, «A typological approach to investigate the teaching career decision: Motivations and beliefs about the teaching of prospective teacher candidates», *Teaching and Teacher Education*, vol. 28, no. 3, pp. 324–335, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.10.007> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [12] K. C. De Berg, «Using the Origin of Chemical Ideas to Enhance an Understanding of the Chemistry of Air: Issues and Challenges for including mathematics in the teaching and learning of Chemistry», *Educación Química*, vol. 23, pp. 265–270, 2012. [Online]. Available: <https://is.gd/2TNFJb> Application date: March 05, 2024. (in English)

- [13] S. Celik, «Chemical literacy levels of science and mathematics teacher candidates», *Australian Journal of Teacher Education*, vol. 39, no. 1, pp. 1–15, 2014. [Online]. Available: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1016513.pdf> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [14] K. C. De Berg, «The Reaction and Its Equilibrium Constants: The Role of Mathematics and Data Analysis», in *SpringerBriefs in Molecular Science*, pp. 53–69, 2019. [Online]. Available: <https://is.gd/vDh8Ik> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [15] K. Bain, J. M. G. Rodriguez, and M. H. Towns, «Chemistry and Mathematics: Research and Frameworks to Explore Student Reasoning», *Journal of Chemical Education*, vol. 96, no. 10, pp. 2086–2096, 2019. (in English)
- [16] İ. Güneş, Z. Özsoy-Güneş, Y. Derelioğlu, and F. G. Kirbaşlar, «Relations between Operational Chemistry and Physics Problems Solving Skills and Mathematics Literacy Self-efficacy of Engineering Faculty Students», *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 174, pp. 457–463, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.689> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [17] Yu. A. Skyba, ta Ye. V. Kocherha, «Realizatsiia pedahohichnykh umov rozvytku zdoroviazberezhualnoi kompetentnosti vchyteliv khimii u zakladakh pislidyplomnoi osvity», *Visnyk pislidyplomnoi osvity. Seriia «Pedahohichni nauky»*, vyp. 11(40), s. 170–182, 2020. [https://doi.org/10.32405/2218-7650-2020-11\(40\)-170-182](https://doi.org/10.32405/2218-7650-2020-11(40)-170-182) Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [18] O. Ye. Antonova, N. M. Polishchuk, «Naukovo-teoretychni zasady pidhotovky vchytelia u systemi pislidyplomnoi pedahohichnoi osvity do zberezhennia zdorovia uchniv», *Andrahohichni visnyk*, vyp. 9, s. 46–58, 2018. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://is.gd/ADhtT2> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [19] S. V. Stryzhak, O. A. Kulenko, «Formuvannia profesiino-pedahohichnoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv pryrodnychychk dystsyplin», na I Vseukr. nauk.-prakt. konf. Tendentsii i problemy rozvytku suchasnoi khimichnoi osvity. *Ivano-Frankivck*, 2019, s. 38–42. (in Ukraine)
- [20] P. P. Hrabovskyi, «Rozvytok informatsiinoi kompetentnosti vchyteliv pryrodnycho-matematychnychk predmetiv u pislidyplomnii pedahohichnii osvity», *dys. kand. nauk.* Kyiv, 2016. (in Ukraine)
- [21] H. H. Chaus, Ye. V. Kocherha, ta O. A. Romanets. «Udoskonalennia informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti vchyteliv pryrodnychoi osvitnoi haluzi yak osnova yakisnoho dystantsiinoho navchannia uchniv»,



- Naukovyi zhurnal Khortytskoi natsionalnoi akademii. Pedagogika. Sotsialna robota, vyp. 2(7), s. 37–46, 2022. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://journal.khnnra.edu.ua/index.php/files/article/view/25> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [22] I. A. Shevchenko, «Rozvytok fakhovoi kompetentnosti vchyteliv pryrodnychkh dystsyplin u pisliadyplomnii pedahohichnii osviti», dys. kand. nauk. Vinnytsia, 2018. (in Ukraine)
- [23] V. Kirman, ta H. Chaus, «Pro vymyriuvannia parametriv predmetno-metodychnoi kompetentnosti vchyteliv biolohii zakladiv zahalnoi serednoi osvity», Visnyk Dniprovskoi akademii neperervnoi osvity. Filosofia. Pedagogika, № 1(2), s. 45–51, 2022. <https://doi.org/10.54891/2786-7005-2022-1-8> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [24] G. Z. Niyazova, K. M. Berkimbaev, R. S. Praliev, D. K. Berdi, A. K. Bimaganbetova, «To the question of professional competence of teacher of chemistry», Life Science Journal, vol. 10(9s), pp. 193–197, 2013. [Online]. Available: <https://is.gd/lqnf90> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [25] C. Anchen, and Z. Ying, «Mathematics learning performance: its correlation with chemistry learning performance», Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, vol. 05(2), pp. 134–146, 2022. [Online]. Available: <https://is.gd/MoZlZ1> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [26] M. Elías, J. Pérez, M. Del R. Cassot, E. A. Carrasco, M. Tomljenovic, E. A. Zúñiga, «Development of digital and science, technology, engineering, and mathematics skills in chemistry teacher training», Frontiers in Education. Sec. STEM Education, vol. 7, pp. 1–17, 2022. [Online]. Available: <https://is.gd/Bwgan0> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [27] P. N. Iwuanyanwu, «Addressing common deficiencies of mathematics skills among chemistry student teachers», African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences, vol. 17, № 1, 2021. [Online]. Available: <https://www.ajol.info/index.php/ajesms/article/view/223237> Application date: March 05, 2024. (in English)
- [28] Matúš Ivan, and Renata Šulcová, «Mathematics, chemistry, and science connection as a basis of scientific thinking», SHS Web of Conferences 37, 01017, 2017. [Online]. Available: <https://is.gd/q4WP1N> Application date: April 05, 2024. (in English)
- [29] I. E. Shernazarov, «Improvement of the task aimed at the development of mathematical and natural science literacy of future chemistry teachers on the basis of ix adaptation to the educational process», International scientific journal. Innovation the journal of social sciences and research, vol. 1, is. 5, pp. 31–39, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552673>

Application date: April 05, 2024. (in English)

- [30] V. Kirman, ta H. Chaus, «Strukturno-parametrychna model matematychnoi kompetentnosti vchytelia biolohii ta pidkhody do yii identyfikatsii», Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity, vyp. 1(15), s. 100–112, 2020. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://is.gd/lawQkH> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [31] V. K. Kirman, ta E. T. Sokolova, «Systemnyi analiz matematychnoi kompetentnosti vchytelia heohrafii», Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: pedahohika, vyp. 1, s. 41–51, 2020. <https://doi.org/10.25128/2415-3605.20.1.10> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [32] V. Kirman, O. Romanets, ta H. Chaus, «Model matematychnoi kompetentnosti vchytelia fizyky», Visnyk Dniprovskoi akademii neperervnoi osvity. Filosofia. Pedahohika, № 1(4), s. 97–104, 2023. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://visnuk.dano.dp.ua/index.php/pp/article/view/110> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [33] V. K. Kirman, «Formuvannia hotovnosti do propedevtychnoi diialnosti vchyteliv matematyky ta pryrodnychychk dystsyplin», na Vseukr. nauk.-prakt. konf. Problemy rozvytku profesiinykh kompetentnostei vchyteliv pryrodnycho-matematychnoho napriamku. Dnipro, 2020, s. 51–54. (in Ukraine)
- [34] V. K. Kirman, «Vektorna model matematychnoi kompetentnosti uchytelia matematyky ta pidkhody do yii identyfikatsii», Aktualni pytannia pryrodnycho-matematychnoi osvity, № 2(10), s. 94–101, 2017. [Elektronnyi resurs]. Dostupno: <https://is.gd/3ebjlf> Data zvernennia: Berez. 05, 2024. (in Ukraine)
- [35] V. M. Turchyn, Teoriia ymovirnostei i matematychna statystyka. Osnovni poniattia, pryklady, zadachi. Dnipropetrovsk, Ukraina: IMA-pres, 2014. (in Ukraine)

*Стаття надійшла до редакції  
03 квітня 2024 року*

