

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

ISSN 2413-158X (online)
 ISSN 2413-1571 (print)

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.

<http://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/>



Ротаньова Н.Ю., Дяченко О.Ф. Організація педагогічного експерименту: етапи проведення та математичні методи аналізу результатів. Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 3(25). Частина 1. С. 80-86.

Rotanova N., Diachenko O. Organization of a pedagogical experiment: stages and mathematical methods of analyzing results. Physical and Mathematical Education. 2020. Issue 3(25). Part 1. P. 80-86.

DOI 10.31110/2413-1571-2020-025-3-013

УДК 378.091.3.012

Н.Ю. Ротаньова

Маріупольський державний університет, Україна
 rotanovan@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8437-7566

О.Ф. Дяченко

Маріупольський державний університет, Україна
 djoksana@gmail.com

ORCID: 0000-0003-1005-4283

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕДАГОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ: ЕТАПИ ПРОВЕДЕННЯ ТА МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. У статті розглянуто етапи проведення педагогічного експерименту, застосування доцільних математичних методів до опрацювання здобутих даних та вибору відповідного статистичного критерію для перевірки гіпотези дослідження. Наведено методику аналізу результатів педагогічного експерименту, пов'язаного з впровадженням методичної системи формування пропедевтичної евристичної діяльності учнів у навчанні математики.

Матеріали і методи. Для розв'язання проблеми було використано наступний комплекс методів: теоретичні, діагностичні та цілеспрямований педагогічний експеримент, що містить констатувальний, пошуковий, формувальний етапи (експериментальне впровадження методики було організовано за принципом поступового розширення контингенту учнів, загалом в експерименті брали участь 960 учнів з 8 закладів освіти Донецької області); методи математичної статистики – якісний аналіз та кількісна обробка результатів дослідження за допомогою математичних методів з метою забезпечення достовірності та об'єктивності результатів педагогічного експерименту.

Результати. Розглянуто ефективний діагностичний інструментарій для обробки експериментальних матеріалів, що забезпечують можливість одержання переконливих результатів, а саме запропоновано непараметричні критерії Пірсона та Вілкоксона-Манна-Уїтні, за допомогою яких, було підтверджено підвищення рівня сформованості евристичних умінь, рівня математичної підготовки учнів експериментальних груп порівняно з учнями контрольної групи, що свідчить про ефективність запропонованої методики.

Висновки. Застосування математичних методів аналізу педагогічного експерименту підвищує його якість і практичну цінність, а математичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики, відіграє важливу роль у процесі обробки статистичних даних. Вони допомагають оцінити результати експерименту, підвищують надійність висновків, дають підстави для теоретичних узагальнень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: математичні методи, статистичні методи аналізу, експериментальні дані, педагогічний експеримент.

ВСТУП

Постановка проблеми. Педагогічний експеримент є логічним продовженням теоретичного дослідження і служить основним критерієм для перевірки його достовірності, результативності і практичної значущості (Скафа, 2005).

Проведення педагогічних досліджень тісно пов'язано з експериментальною перевіркою і доведенням висунутої гіпотези, що вимагає від дослідника вирішення таких важливих питань, як отримання дійсно наукових висновків, доказовість фактичного матеріалу, об'єктивність експериментальних даних. Для вирішення цього доцільно застосовувати математичні методи обробки експериментальних матеріалів, що забезпечують можливість одержання переконливих результатів. Тобто, якою б не була конструкція того чи іншого експериментального дослідження, необхідним і важливим його етапом завжди є математико-статистичне опрацювання зібраних експериментальних даних. Цьому питанню

приділяють увагу багато дослідників, науковців та методистів, таких як В.Г. Блохін, О.П. Глудкін, М.І. Грабарь, О.І. Гуров, В.П. Захаров, Г.Т. Кловак, К.А. Краснянська, В.К. Сидоренко, О.В. Сидоренко, Н.Т. Тверезовська та ін.

У педагогічних дослідженнях використовують такі математичні методи: метод реєстрування (виявлення певної якості в явищах та її кількості); метод ранжування (класифікація даних у певній послідовності); метод моделювання (створення і дослідження моделей); статистичні методи (методи математичної статистики, що використовуються для опрацювання експериментальних даних з метою підвищення обґрунтованості висновків). У педагогіці та психології вони представлені: а) описовою статистикою (табулювання, графічний вираз та кількісне оцінювання даних); б) теорією статистичного висновку (передбачення результатів за даними обстеження вибірок); в) теорією планування експериментів (виявлення та перевірка причинних зв'язків між змінними) (Тверезовська&Сидоренко, 2014).

Отже, завдяки математичним методам описують кількісні характеристики педагогічних явищ, визначають оптимальні умови управління процесом навчання і виховання.

Але В.К. Сидоренко, Н.Т. Тверезовська (Тверезовська&Сидоренко, 2014) наголошують, що не можна розпочинати експеримент, поки детально не буде продумано методологію й процедуру опрацювання здобутих даних, визначено способи їх табулювання, порядок і методику їх статистичного опрацювання.

Отже, застосування тих чи інших математичних методів до аналізу статистичних даних є актуальною проблемою, перш за все тому що існує дуже велике різноманіття статистичних методів та залишається не розробленою методика адекватного вибору методів статистичного аналізу результатів педагогічного експерименту. Постає актуальна проблема, яка стосується розробки методики аналізу досліджуваних даних та вибору відповідного статистичного критерію для перевірки гіпотези дослідження, забезпечення достовірності та об'єктивності обробки експериментальних даних педагогічного експерименту та отримання вірних розрахунків.

З огляду на це **метою статті** є опис всіх етапів педагогічного експерименту та виявлення доцільних математичних методів аналізу кожного з них.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для розв'язання проблеми було використано наступний комплекс методів: теоретичні – аналіз науково-методичної, психолого-педагогічної та методичної літератури; синтез, узагальнення наявних теоретичних положень; аналіз та узагальнення досвіду вчителів математики; емпіричні – обсерваційні (педагогічні спостереження за навчальною діяльністю учнів); діагностичні (бесіди з учителями шкіл, учнями стосовно проблеми дослідження, аналіз усних відповідей і письмових робіт учнів, тестування, аналіз передового педагогічного досвіду); цілеспрямований педагогічний експеримент; методи математичної статистики – якісний аналіз та кількісна обробка результатів дослідження за допомогою математичних методів з метою забезпечення достовірності та об'єктивності результатів педагогічного експерименту.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Розглянемо організацію та опрацювання здобутих даних педагогічного експерименту на прикладі перевірки ефективності впровадження методичної системи формування пропедевтичної евристичної діяльності учнів у навчанні математики 5-6 класів (Ротаньова, 2014).

Відповідно до поставлених мети і гіпотези дослідження, педагогічний експеримент здійснювався впродовж п'яти років і охоплював три етапи – констатувальний, пошуковий та формувальний.

Мета педагогічного експерименту полягала у визначенні рівня ефективності розробленої методики формування евристичної діяльності у навчанні математики учнів 5-6 класів.

У ході експерименту перевірялася гіпотеза: якщо у навчальний процес з математики учнів 5-6 класів увести систему підготовки до сприйняття та розуміння прийомів евристичної діяльності, які можливо застосовувати під час розв'язання нестандартних задач, як на уроках математики, так і в позакласній роботі, то це буде сприяти формуванню їх евристичного саморозвитку, підвищенню рівня знань та мотивації вивчення математики.

Експериментальне впровадження методики було організовано за принципом поступового розширення контингенту учнів. Загалом в експерименті брали участь 960 учнів з 8 закладів освіти Донецької області.

На першому констатувальному етапі експерименту було вивчено та проаналізовано основні першоджерела, що стосувались досліджуваної проблеми, історія розвитку евристики в педагогіці, математиці та методиці, наукові праці зарубіжних та вітчизняних педагогів за проблемою дослідження. З метою отримання початкових даних використовувалися такі методи дослідження: аналіз нормативних документів Міністерства освіти і науки України, програми з математики та шкільні підручники. Проводилося спостереження за діяльністю всіх учасників освітнього процесу, анкетування вчителів й учнів, бесіди, інтерв'ю, вивчення шкільної документації, тестування учнів.

Метою першого етапу було вивчення: 1) наявності інтересу учнів 5-6 класів до навчання математики; 2) характеру ставлення школярів до евристичної діяльності під час занять математикою, до процесу розв'язування евристичних задач; 3) стану розвитку евристичних умінь в учнів 5-6 класів.

У ході констатувального етапу експерименту було протестовано 675 учнів 5-х класів за допомогою нульової письмової роботи (тест) для виявлення початкового рівня розвитку евристичних умінь учнів 5-х класів (Ротаньова, 2014). Більшість школярів, як показало тестування, мають нульовий та низький рівень розвитку евристичних умінь, про що свідчать результати, наведені у таблиці 1.

Високий рівень розвитку евристичних умінь показали переважно здібні до математики учні, які вкотре підтвердили свої результати.

Таблиця 1

Результати тестування учнів п'ятих класів на виявлення початкового рівня розвитку евристичних умінь

Початковий рівень розвитку евристичних умінь	Низький		Середній		Високий	
Кількість учнів (з 675 осіб)	432	64%	202	30%	41	6%

Застосовані на цьому етапі методи дослідження дозволили зробити висновок про те, що цілеспрямованому формуванню евристичних умінь у більшості учнів 5-6 класів загальноосвітніх навчальних закладів не приділяється належна увага – відсутня системність та комплексний підхід до формування евристичних умінь учнів. З огляду на це виділено теоретичні положення, сформульовано гіпотезу та завдання дослідження.

У ході другого, пошукового етапу відбувався пошук методів, форм і засобів навчання, що сприяють формуванню евристичних умінь учнів.

Крім того, на початку навчання учнів за експериментальною методикою в кожній з восьми шкіл, що брали участь у експерименті, було обрано по два п'ятих класи, для поділу їх на контрольну (К) та експериментальну (Е) групи і за результатами вхідної контрольної роботи на початку навчання визначався рівень підготовки з математики в учнів цих класів (перевірялися остаточні знання й уміння з математики за початкову школу).

Для перевірки статистичної значущості розбіжності між вибірками оцінок залишкових знань з математики учнів експериментальної та контрольної груп використовувався критерій Пірсона χ^2 . Нульова гіпотеза в цьому випадку мала таке формулювання: між двома емпіричними розподілами немає статистично значущих відмінностей. Доводилось, що кожний раз ця різниця не є статистично значущою, тобто не існує різниці між остаточними знаннями з математики за курс початкової школи в групах Е та К. При цьому статистичні дані, що отримані в результаті проведення педагогічного експерименту, відповідають умовам застосування критерію Пірсона χ^2 (Грабарь&Краснянська, 1977): вибірки випадкові і незалежні; обсяг вибірки більше 20; сума спостережень по всіх інтервалах дорівнює загальній кількості спостережень.

Для обчислення χ^2 використовувалася формула:

$$\chi_{емп}^2 = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \sum \frac{(n_{1i} \cdot Q_{2i} - n_2 \cdot Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}} \quad (1)$$

де n_1 – сума всіх оцінок першої вибірки, n_2 – сума всіх оцінок другої вибірки, Q_{1i} , Q_{2i} – кількість учнів експериментальної (контрольної) групи, які належать до категорії i ($i=1,2,3,4$) за станом властивості, що вивчається.

У нашому випадку n_1 – сума всіх оцінок учнів експериментальної групи, n_2 – сума всіх оцінок учнів контрольної групи.

Число ступенів свободи знайдемо за формулою:

$$v = (k - 1)(c - 1), \quad (2)$$

де k – кількість вибірок, що досліджується, c – кількість градацій у вибірках, що досліджуються.

Якщо виконується нерівність $\chi_{емп}^2 > \chi_{кр}^2$, то нульова гіпотеза відхиляється на рівні значущості α і приймається альтернативна гіпотеза, а якщо $\chi_{емп}^2 < \chi_{кр}^2$, то нульова гіпотеза приймається, тобто немає достатніх підстав вважати стан властивості, що досліджується різною в обох вибірках.

Для прикладу опишемо статистичну обробку, проведену за матеріалами, що були отримані у ЗОШ № 7 м. Маріуполя (за чотири навчальні роки в експерименті приймало участь чотири класи, що віднесено до груп Е – 123 учня, та чотири п'ятих класи групи К – 117 школярів). Сумарна кількість оцінок, отриманих учнями представлена у таблиці 2.

Таблиця 2

Сумарні оцінки остаточних знань з математики за початкову школу учнів 5 класів

Групи початкового дослідження	Оцінки				Суми
	«1-3»	«4-6»	«7-9»	«10-12»	
Експериментальні	$Q_{11} = 25$	$Q_{12} = 72$	$Q_{13} = 21$	$Q_{14} = 5$	123
Контрольні	$Q_{21} = 29$	$Q_{22} = 68$	$Q_{23} = 17$	$Q_{24} = 3$	117
Суми	$Q_{11}+Q_{21}=54$	$Q_{12}+Q_{22}=140$	$Q_{13}+Q_{23}=38$	$Q_{14}+Q_{24}=8$	240

В результаті підрахунків за таблицею 2 отримали:

$$\chi_{емп}^2 = \frac{1}{123 \cdot 117} \left[\frac{(123 \cdot 29 - 117 \cdot 25)^2}{54} + \frac{(123 \cdot 68 - 117 \cdot 72)^2}{140} + \frac{(123 \cdot 17 - 117 \cdot 21)^2}{38} + \frac{(123 \cdot 3 - 117 \cdot 5)^2}{8} \right] = 1,18.$$

За таблицею критичних значень критерію Пірсона χ^2 знаходимо, що $\chi_{кр}^2 = 11,345$ ($\alpha \leq 0,01$, $v=3$).

Отримали, що $\chi_{емп}^2 < \chi_{кр}^2$, тобто, нульова гіпотеза приймається. Різниця в сумарному розподілі оцінок остаточних знань з математики в групах Е і К статистично незначимі, отже, не існує відмінності між остаточними знаннями з математики за курс початкової школи в експериментальних та контрольних групах.

Третій, формувальний етап був спрямований на апробацію, уточнення та впровадження розробленої методики. На цьому етапі зібрані й проаналізовані експериментальні дані за допомогою математичних методів, сформульовані висновки.

З метою дослідження ефективності впровадження методичної системи формування пропедевтичної евристичної діяльності з математики у 5-6 класах методом випадкового відбору з учнів п'ятих класів загальноосвітніх навчальних закладів були сформовані три групи: дві експериментальні групи (Е-1 – учні, які навчалися за повною системою організації пропедевтичної евристичної діяльності на уроках і в позакласній роботі із застосуванням програми евристичного саморозвитку; Е-2 – учні, які відвідували тільки евристичний гурток) і одна контрольна група (К), яка навчалася за традиційною методикою. До початку експерименту, як зазначалося раніше, різниця між групами Е-1, Е-2 та К не була статистично значущою. Виявлення рівнів сформованості евристичних умінь учнів здійснювалося з використанням критеріїв, які дозволили оцінити: 1) рівень правильності і повноти розв'язання стандартних та евристичних завдань; 2) рівень оволодіння евристичними вміннями з математики; 3) ступінь евристичного саморозвитку учнів основної школи. Застосовувались наступні *вимірники*: письмова робота на виявлення остаточних знань учнів з математики за початкову школу та тести діагностики початкового рівня розвитку евристичних умінь у 5 класі (визначали чи існує розбіжність у рівні знань та початкових евристичних умінь у групах Е та К); письмові роботи з евристичними завданнями для учнів п'ятого і шостого класів (визначали рівень правильності і повноти розв'язання стандартних та евристичних завдань у групах Е та К); тести на розпізнавання евристичних прийомів для учнів 6 класу (визначали рівень оволодіння евристичними вміннями з математики у групах Е та К); анкети для вчителів.

Наведемо результати експерименту, в якому приймало участь 200 учнів (Ротаньова, 2014). Вони були поділені наступним чином: Е-1 (65 осіб), Е-2 (68 осіб), К (67 осіб). По завершенню експерименту, усім учням було запропоновано контрольну роботу із системою евристично орієнтованих завдань. Під час перевірки контрольної роботи, визначалися правильність і повнота розв'язання завдань та перевірялася сформованість евристичних умінь у школярів. Результати експерименту представлено у таблиці 3.

Таблиця 3

Експериментальне дослідження сформованості евристичних умінь

Групи	Кількість учасників	завдання			
		стандартна задача		евристична задача	
		Правильне розв'язання	повне і правильне розв'язання	Правильне розв'язання	повне і правильне розв'язання
Е-1	65	62	56	43	39
Е-2	68	58	50	32	27
К	67	56	48	26	20

З урахуванням отриманих результатів оцінимо ймовірність переваги групи Е-1 у порівнянні з групами Е-2 і К одразу і по правильності розв'язання, і по повноті розв'язання задач за критерієм Вілкоксона-Манна-Уїтні.

Критерій Вілкоксона-Манна-Уїтні використовується у педагогічних дослідженнях, так як дозволяє перевіряти одночасно декілька припущень про характер відмінності розподілів деякої властивості у двох сукупностях (відмінності медіан, середніх значень розподілу обох сукупностей, а також наявності тенденції об'єктів першої сукупності бути у середньому більшими чи, навпаки, меншими членів другої сукупності) на основі порядкових вимірювань стану цієї властивості (Грабарь&Краснянська, 1977). Тому для перевірки статистичної значущості розбіжності між вибірками отриманих учнями оцінок за контрольну роботу, що складається із стандартної і евристичної задач, та з урахуванням отриманих результатів оцінки ймовірності переваги групи Е-1 у порівнянні з групами Е-2 і К по повноті і правильності розв'язання задач ми використовували саме цей критерій.

Перевірялася гіпотеза $H_0: P(X < Y) = \frac{1}{2}$ на рівні значущості $\alpha = 0,01$ ($x_{\alpha/2} = 1,64$) при альтернативі $H_1: P(X < Y) < \frac{1}{2}$.

Показники правильності і повноти розв'язання оцінювалися по дихотомічній шкалі. Показники правильності і повноти розв'язання оцінювалися по дихотомічній шкалі. Тобто гіпотеза H_0 припускає, що повнота і правильність розв'язання стандартної та евристичної задач контрольної роботи учнів експериментальної групи (змінна X) з однаковою ймовірністю, що дорівнює 0,5, статистично більше чи менше за повноту і правильність розв'язання задач учнями контрольної групи (змінна Y), тобто учні обох груп розв'яжуть задачу на однаковому рівні. При цьому статистичні дані, що були отримані в результаті проведення педагогічного експерименту, відповідають умовам застосування критерію Вілкоксона-Манна-Уїтні: вибірки випадкові і незалежні, а члени кожної вибірки також незалежні між собою; обсяг вибірки більше 20; властивість об'єктів, що вивчається розподілена неперервно в обох вибірках (Грабарь&Краснянська, 1977).

Згідно правила використання критерію члени двох вибірок об'єднують в одну, обсяг якої $N = n_1 + n_2$, записують у ряд за зростанням і ранжирують, тобто кожному члену ряду приписують ранг, що чисельно дорівнює номеру місця, яке займає даний член в цьому ряду. Якщо декілька членів ряду, що стоять один за одним, мають одне і теж значення, то кожному з них приписується один і той же ранг, що дорівнює середньому арифметичному номерів місць, на яких стоять ці члени.

Для перевірки гіпотез за допомогою Вілкоксона-Манна-Уїтні спочатку підраховують суму рангів S :

$$S = \sum_{i=1}^n R(x_i), \quad (3)$$

де $R(x_i)$ – ранг, що приписаний до i -го об'єкту вибірки, n_1, n_2 – обсяг вибірок, n дорівнює мінімальному із значень n_1 і n_2 .

Значення статистики критерію T обчислюємо за формулою:

$$T = S - \frac{n(n+1)}{2} \quad (4)$$

Якщо, хоча б одне із значень n_1 та n_2 більше 20, то критичне значення статистики T підраховують за формулою:

$$W_{\alpha/2} = \frac{n_1 n_2}{2} + x_{\alpha/2} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}, \quad (5)$$

де $x_{\alpha/2}$ – квантиль нормального розподілу для $\alpha = 0,01$ $x_{\alpha/2} = 1,64$.

Нульова гіпотеза $H_0: P(X < Y) = \frac{1}{2}$ відхиляється на рівні значущості α , якщо вірна одна з нерівностей $T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}$ чи $T_{\text{спост}} > n_1 n_2 - W_{\alpha/2}$.

Для прикладу проведення розрахунків, оцінимо *правильність розв'язання стандартної задачі*.

1. Порівняємо результати груп Е-1 і Е-2. З 65 осіб групи Е-1 успіху в розв'язанні задачі добилися 62 учня. В групі Е-2 правильно розв'язали задачу 58 осіб. З усієї вибірки 133 учнів отримали 120 актів взаємодії школяра з задачею, які отримали бал – 1, їм привласнюється ранг 73,5 ($\frac{14 + \dots + 133}{120} = 73,5$), 13 актів взаємодії (неправильно розв'язаної задачі)

мають ранг 7 ($\frac{1 + \dots + 13}{13} = 7$). Таким чином:

$$S = 73,5 \cdot 62 + 3 \cdot 7 = 4578;$$

$$T_{\text{спост}} = 4578 - 2145 = 2433;$$

$$W_{\alpha/2} = \frac{65 \cdot 68}{2} + 1,64 \sqrt{\frac{65 \cdot 68 \cdot 134}{12}} = 2574; \quad T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}.$$

2. Оцінимо результати груп Е-1 і К. З даної вибірки 132 осіб отримуємо 118 актів взаємодії, що отримали бал – 1, їм привласнюється ранг 73,5 і 14 актів взаємодії з рангом 7,5. Тоді:

$$S = \sum_{i=1}^{65} R(X_i) = 3 \cdot 7,5 + 62 \cdot 73,5 = 4579,5;$$

$$T_{\text{спост}} = 4579,5 - 2145 = 2434,5;$$

$$W_{\alpha/2} = \frac{65 \cdot 67}{2} + 1,64 \sqrt{\frac{65 \cdot 67 \cdot 133}{12}} = 2537,8; \quad T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}.$$

Аналогічно було оцінено *правильність і повноту розв'язання стандартної задачі*.

1. Для груп Е-1 і Е-2. З даної вибірки 133 осіб получили 108 актів взаємодії з рангом 79,5 і 25 актів взаємодії з рангом 13, що отримали бал – 0. Тоді:

$$S = \sum_{i=1}^{65} R(X_i) = 7 \cdot 13 + 58 \cdot 79,5 = 4702;$$

$$T_{\text{спост}} = 4702 - 2145 = 2557;$$

$$W_{\alpha/2} = \frac{65 \cdot 68}{2} + 1,64 \sqrt{\frac{65 \cdot 68 \cdot 134}{12}} = 2574; \quad T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}.$$

2. Для груп Е-1 і К маємо такі результати:

$$S = \sum_{i=1}^{65} R(X_i) = 56 \cdot 80,5 + 9 \cdot 14,5 = 4638,5;$$

$$T_{\text{спост}} = 4638,5 - 2145 = 2493,5;$$

$$W_{\alpha/2} = 2537,8; \quad T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}.$$

Отже, у всіх випадках маємо $T_{\text{спост}} < W_{\alpha/2}$, тобто приймається гіпотеза $H: P(X < Y) > \frac{1}{2}$. Згідно з правилом ухвалення

рішень, нульова гіпотеза $H_0: P(X < Y) = \frac{1}{2}$ відхиляється на рівні значущості $\alpha = 0,01$ і приймається альтернативна гіпотеза

$$H_1: P(X < Y) \neq \frac{1}{2}.$$

Порівняємо результати розв'язання евристичної задачі. Оцінимо *правильність розв'язання задачі*.

1. Порівняємо результати груп Е-1 і Е-2. З даної вибірки 133 осіб одержуємо 75 актів взаємодії, що отримали бал – 1, їм привласнюється ранг 96, 58 актів взаємодії мають ранг 29,5. Тоді:

$$S = \sum_{i=1}^{65} R(X_i) = 43 \cdot 96 + 22 \cdot 29,5 = 4777;$$

$$T = S - 2145 = 2632;$$

$$W_{\alpha/2} = 2574; \quad T > n_1 n_2 - W_{\alpha/2}.$$

2. Порівняємо результати груп Е-1 і К. Із всієї вибірки 132 учня одержуємо 69 актів взаємодії з рангом 98 і 63 акти взаємодії з рангом 32 (ім привласнений бал – 0). Отже:

$$S = \sum_{i=1}^{65} R(X_i) = 43 \cdot 98 + 22 \cdot 32 = 4918;$$

$$T = S - 2145 = 2773;$$

$$W_{\alpha/2} = 2537,8; T_{\text{спост}} > n_1 n_2 - W_{\alpha/2}.$$

Аналогічно, порівнявши результати по повноті і правильності розв'язання евристичної задачі в групах Е-1 і Е-2, Е-1 і К, отримуємо $T_{\text{спост}} > n_1 n_2 - W_{\alpha/2}$. Таким чином, можна зробити висновок про те, що приймається альтернативна

гіпотеза $H_1: P(X < Y) \neq \frac{1}{2}$ при відхиленні нульової гіпотези $H_0: P(X < Y) = \frac{1}{2}$. Прийняття цієї гіпотези означає, що аналіз

експериментальних даних дозволяє зробити висновок: закони розподілу кожної сукупності різні, що вказує на набагато кращі результати групи Е-1 в порівнянні з групами Е-2 і К. Тобто експериментальна методика поліпшує якість виконання стандартних завдань, а також формує уміння розв'язувати евристичні завдання.

З урахуванням отриманих результатів також і за критерієм Пірсона χ^2 було оцінено статистичну значущість відмінностей груп Е-1 і Е-2 у порівнянні з групою К (визначалася різниця у розподілі остаточних знань і вмінь груп Е та К по завершенню експерименту). Приймалася нульова гіпотеза: між двома емпіричними розподілами немає різниці.

Отримали, що $\chi_{\text{емп}}^2 = 73,5$ та $\chi_{\text{кр}}^2 = 9,21$ ($\alpha = 0,01$, $v = 2$). Так як $\chi_{\text{емп}}^2 > \chi_{\text{кр}}^2$, то нульова гіпотеза не приймається. Отже, різниця в сумарному розподілі оцінок остаточних знань з математики в групах Е-1 і К та Е-2 і К є статистично значимою, отже, існують відмінності між остаточними знаннями з математики за 5-6 класи в експериментальних та контрольних групах. Тобто рівень розвитку евристичних умінь в групах Е-1 та Е-2 значно підвищився у порівнянні з групою К і ці зміни є статистично значущими (Ротаньова, 2014).

Таким чином, за допомогою математичних методів аналізу результатів педагогічного експерименту, було підтверджено підвищення рівня сформованості евристичних умінь, рівня математичної підготовки учнів експериментальних груп порівняно з учнями контрольної групи.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що представлена методика аналізу експериментальних даних педагогічного експерименту, дозволила підтвердити адекватність вибору методів кореляційного аналізу Пірсона та Вілкоксона-Манна-Уїтні. Результати вибору статистичного методу аналізу збігаються з обраним методом у праці Н.Ю. Ротаньової (Ротаньова, 2014), що в свою чергу, підтверджує достовірність розробленої методики вибору адекватного статистичного методу.

Отже, розвиток науки засвідчує, що застосування математичних методів у тій чи іншій галузі наукового дослідження підвищує його якість і практичну цінність, а математичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики, по-перше, надає можливість вивчати масові явища, по-друге, відіграє важливу роль у процесі обробки статистичних даних. Вони допомагають оцінити результати експерименту, підвищують надійність висновків, дають підстави для теоретичних узагальнень. В подальших дослідженнях планується розробка універсальної методики та моделі для адекватного вибору статистичного методу відповідно до даних та галузі проведення психолого-педагогічного експерименту.

Список використаних джерел

1. Грабарь М. И., Краснянская К. А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Непараметрические методы. М.: Педагогика, 1977. 136 с.
2. Ротаньова Н. Ю. Формування евристичної діяльності учнів 5-6 класів у навчанні математики: дис. канд. пед. наук: спец. 13.00.02. Херсон, 2014. 258 с.
3. Скафа О. І. Організація педагогічного експерименту в галузі методики навчання математики: сутність і основні етапи проведення. *Дидактика математики: проблеми і дослідження: міжнар. зб. наук. робіт*. 2005. Випуск 23. С. 105-108.
4. Тверезовська Н. Т., Сидоренко В. К. Методологія педагогічного дослідження: навчальний посібник. К.: Центр учбової літератури, 2014. 440 с.

References

1. Hrabar, M. Y. (1977) Prymenenye matematycheskoi statystyky v pedahohycheskykh yssledovaniyakh. Neparаметrycheskye metody [Application of mathematical statistics in pedagogical research. Nonparametric method]. M.: Pedagogika [In Russian].
2. Rotanova, N. Yu. (2014) Formuvannya evrystychnoi diialnosti uchniv 5-6 klasiv u navchanni matematyky [Formation of the 5-6 Grades Students Heuristic Activities in Teaching Mathematics]. Phd thesis. Kherson [in Ukrainian].
3. Skafa, O. I. (2005) Orhanizatsiia pedahohichnoho eksperymentu v haluzi metodyky navchannia matematyky: sutnist i osnovni etapy provedennia. [Organization of a pedagogical experiment in the field of methods of teaching mathematics: the essence and main stages of conducting]. Dydaktyka matematyky: problemy i doslidzhennia [in Ukrainian].
4. Tverezovska N. T. (2014) Metodolohiia pedahohichnoho doslidzhennia. [Methodology of pedagogical research]. K. : Tsentr uchbovoi literatury [in Ukrainian].

ORGANIZATION OF A PEDAGOGICAL EXPERIMENT: STAGES AND MATHEMATICAL METHODS OF ANALYZING RESULTS

*Nataliia Rotanova, Oksana Diachenko**Mariupol State University, Ukraine*

Abstract. *The article considers the stages of a pedagogical experiment, the application of appropriate mathematical methods to the processing of the obtained data, and the choice of an appropriate statistical criterion for testing the research hypothesis. A method for analyzing the results of a pedagogical experiment related to the implementation of a methodological system for the formation of the propaedeutic heuristic activity of students in teaching mathematics is presented.*

Materials and methods. *To solve the problem, the following set of methods was used: theoretical, diagnostic, and purposeful pedagogical experiment, containing ascertaining, search, forming stages (experimental implementation of the methodology was organized on the principle of gradual expansion of the student group, a total of 960 students from 8 educational institutions of the Donetsk region participated in the experiment); methods of Mathematical Statistics – qualitative analysis and quantitative processing of research results using mathematical methods to ensure the reliability and objectivity of the results of a pedagogical experiment.*

Results. *Effective diagnostic tools for processing experimental materials are considered. They provide an opportunity to get convincing results. Nonparametric Pearson and Wilcoxon-Mann-Whitney criteria are proposed. With the help of them, an increase in the level of formation of heuristic skills, the level of mathematical training of students of experimental groups in comparison with students of the control group was confirmed, which indicates the effectiveness of the proposed methodology.*

Conclusions. *The use of mathematical methods for analyzing a pedagogical experiment increases its quality and practical value, and the mathematical apparatus of probability theory and mathematical statistics plays an important role in the process of processing statistical data. They help to evaluate the results of the experiment, increase the reliability of conclusions, and give grounds for theoretical generalizations.*

Keywords: *mathematical methods, statistical methods of analysis, experimental data, pedagogical experiment.*