

УДК 378.01:53

DOI 10.5281/zenodo.2110838

С. М. Єфименко

ORCID ID 0000-0001-7418-8489

С. Величко

ORCID ID 0000-0001-5404-1359

Центральноукраїнський державний педагогічний університет
імені Володимира Винниченка, Кропивницький

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ З ФІЗИКИ СТУДЕНТІВ КОЛЕДЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

У статті розкрито методику проведення педагогічного експерименту стосовно перевірки ефективності розробленої автором методичної системи формування предметної компетентності з фізики студентів коледжів техніко-технологічного напрямку за допомогою систем комп'ютерної графіки та висвітлені його результати. Результативність запропонованої методики організації навчання фізики перевірялася на основі порівняльного аналізу рівнів сформованості показників предметної компетентності з фізики в контрольних і експериментальних групах, що підтвердило статистичну достовірність впливу методичної системи на якість підготовки майбутніх фахівців.

Ключові слова: предметна компетентність, педагогічний експеримент, експериментальна та контрольна групи, χ^2 -критерій, критерій Манна-Уїтні, λ -критерій Колмогорова-Смирнова.

Постановка проблеми. Розв'язання науково-дослідних задач у будь-якій області, зокрема у галузі теорії та методики навчання (фізика), неможливе без використання спеціальних прийомів, способів і методів виявлення певних закономірностей, перевірки гіпотез та об'єктивності наукового дослідження.

До провідного методу наукового дослідження у педагогічній науці відноситься педагогічний експеримент.

Педагогічний експеримент – це комплексний багатокомпонентний метод дослідження, призначений для об'єктивної та доказової перевірки вірогідності гіпотези, теоретичних конструкцій, уточнення окремих висновків наукової теорії, який є ієрархічно організованим і контрольованим процесом науково-педагогічної діяльності [4, 28].

З метою підтвердження ефективності розробленої автором методики формування предметної компетентності з фізики студентів коледжів техніко-технологічного напрямку за допомогою систем комп'ютерної графіки [3] необхідно було провести експеримент і статистичну обробку його результатів.

Аналіз актуальних досліджень. Проблема методології педагогічних досліджень детально описана у наукових працях С.У. Гончаренко [2], С.Е. Важинського, Т.І. Щербак [1], С.О. Сисоєвої, Т.Є. Кристопчук [6] та інших.

За С. У. Гончаренком, кожне наукове дослідження наділене загальними особливостями, які охоплюють універсальні послідовні процеси [2, 8]:

1. Вибір теми, обґрунтування її актуальності і визначення рівня її розробленості; вибір об'єкта, предмета, окреслення мети і завдань дослідження.

2. Нагромадження необхідної наукової інформації, пошук, вивчення й аналіз літературних та інших джерел з теми дослідження; вибір напрямів дослідження з огляду на його мету.

3. Відпрацювання гіпотези й теоретичних передумов дослідження, визначення наукового завдання.

4. Вибір методів дослідження, які є інструментами здобуття фактичного матеріалу, необхідною умовою досягнення поставленої мети.
5. Оброблення і аналіз результатів експериментального дослідження.
6. Написання тексту роботи, оформлення її вступу і висновків, опис використаних джерел і створення додатків.
7. Підготовка до захисту і захист наукового дослідження.

Метою статті та методами дослідження є опис методики проведення педагогічного експерименту щодо перевірки ефективності розробленої методичної системи формування предметної компетентності з фізики студентів коледжів техніко-технологічного напрямку за допомогою систем комп'ютерної графіки та висвітлення обробки його результатів з використанням методів математичної статистики (χ^2 -критерій, критерій Манна-Вітні, λ -критерій Колмогорова-Смирнова) з наступною їх інтерпретацією.

Виклад основного матеріалу. Згідно з зазначеними вище етапами дослідницької роботи, нами була окреслена тема дослідження та обґрунтована її актуальність, сформульовані мета та завдання дослідження відповідно до його спрямування, розроблена робоча гіпотеза, обраний метод дослідження та критерії його оцінки, розроблена методика і технологія експерименту, складений план-графік виконання робіт.

Тема дослідження «Методика формування предметної компетентності з фізики студентів коледжів техніко-технологічного напрямку з використанням систем комп'ютерної графіки» базується на методологічних принципах творчості, конкретно-історичного підходу, концептуальності, всебічності, системності.

Мета експерименту з окресленої теми дослідження полягає в:

- перевірці педагогічної доцільності реалізації методики поєднаних та інтегрованих аспектів у формуванні всебічних уявлень про графічний спосіб надання та аналізу навчальної інформації у процесі навчання фізики;
- отриманні нових наукових фактів щодо функціонування, розвитку й організації навчального процесу з фізики, які зроблять його більш довершеним у порівнянні з існуючою практикою;
- перевірці ефективності залучення у практичну діяльність навчання й учіння студентів коледжів техніко-технологічного напрямку систем комп'ютерної графіки, що супроводжуватиметься формуванням як ключових компетентностей, так і компонентів предметної компетентності з фізики: когнітивного, діяльнісного, науково-дослідницького, інформаційно-технологічного, мотиваційного, етично-поведінкового, індивідуально-особистісного;
- визначенні достовірності запропонованих критеріїв оцінки та показників ефективності використання основних результатів проведеного дослідження.

Відповідно до структури проведення дослідження нами були обрані об'єкти дослідження; проведене ознайомлення викладачів фізики з програмою дослідження та дидактичними матеріалами з реалізації експерименту; обговорення експериментальних матеріалів та підготовка їх до впровадження у навчальний процес з фізики.

Експериментальною базою дослідження на різних етапах педагогічного експерименту виступали Глухівський коледж Сумського національного аграрного університету; Політехнічний технікум Конотопського інституту Сумського державного університету; Хіміко-технологічний коледж імені Івана Кодежуба Шосткинського інституту Сумського державного університету; Київський технікум електронних приладів.

Серед способів організації та методів науково-педагогічного дослідження, які були задіяні на всіх етапах педагогічного експерименту:

- історичний аналіз становлення систем комп'ютерної графіки та їх впровадження в сучасну педагогічну практику;
- розгляд праць з проблеми дослідження;
- класифікаційний аналіз;
- збирання статистичних даних;
- спостереження за учасниками педагогічного експерименту;

- фіксація, обговорення та класифікація експериментальних фактів;
- експертна оцінка;
- методи математичної статистики і кількісного опису даних;
- порівняння сформованої предметної компетентності з фізики у різних групах людей;
- пояснення, бесіда, анкетування, тестування студентів та викладачів;
- перехід від емпіричного до логічного;
- зіставлення, поєднання результатів педагогічного дослідження і наявних надбань методики навчання фізики.

Для вирішення поставлених завдань експериментального дослідження проводився діалектичний і класифікаційний аналіз науково-методичної, психолого-педагогічної літератури, першоджерел, підручників та посібників з курсу фізики для вищих навчальних закладів, для закладів загальної середньої освіти та методики викладання фізики, спеціальної літератури з галузі комп'ютерних графічних технологій; аналіз теорії і практики використання графічного методу та засобів комп'ютерної графіки в коледжах і технікумах. Вивчався стан оснащення закладів вищої освіти I-II рівнів акредитації сучасними засобами комп'ютерних інформаційних технологій і методичного їх забезпечення; новітньою апаратною і програмною підтримкою лабораторного фізичного експерименту. Були розглянуті: Державний стандарт вищої освіти, освітньо-кваліфікаційні характеристики фахівців техніко-технологічного напрямку, навчальні програми базових та спеціальних дисциплін з метою встановлення міжпредметних зв'язків фізики з дисциплінами економічної, природничо-наукової, професійної підготовки та визначення місця графічного методу й графічних технологій у компетентнісному навчанні фізики майбутніх техніків-технологів.

Завершальним кроком дослідження стало проведення педагогічного експерименту та зібрання фактологічного матеріалу.

Для перевірки ефективності педагогічних умов формування предметної компетентності з фізики за допомогою систем комп'ютерної графіки було виконано порівняння розподілів студентів за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики. Для цього були обрані контрольні ($n_1=72$) і експериментальні ($n_2=76$) групи – по дві групи на паралелі в кожному навчальному закладі. Загальна кількість учасників експерименту склала 148 студентів. У контрольних групах студенти техніко-технологічних спеціальностей навчалися за традиційною моделлю підготовки. Навчання студентів експериментальної групи відбувалося за запропонованою автором моделлю підготовки.

Для перевірки однорідності обраних груп, рівня володіння студентами графічним методом дослідження, графічної культури проводилося вхідне тестування, а потім його статистична обробка.

Результати вхідного тестування в контрольних і експериментальних вибірках наведено у табл.1.

Таблиця 1.

Результати вхідного тестування в контрольних та експериментальних групах

Рівень	Кількість балів	КГ	ЕГ
		студ.	студ.
Кількість студентів		72	76
незадовільний	2	12	11
задовільний	3	37	42
добрий	4	15	14
відмінний	5	8	9
Середній бал		3,26	3,28

Формулювання гіпотези:

H_0 : відмінності у рівнях успішності студентів контрольних і експериментальних груп не є статистично значущі, інакше кажучи, групи – однорідні.

H_1 : відмінність у рівнях успішності студентів контрольних і експериментальних груп є статистично значущою.

Перевірка статистичної гіпотези однорідності двох незалежних вибірок різної кількості була реалізована на основі непараметричного критерію Манна-Уїтні (вибірки невеликі, тому важко говорити про будь-яку нормальність даних).

Критерій Манна-Уїтні

Обробка одержаних даних проводилася в середовищі SPSS. Для цього у таблицю середовища були занесені результати тестів контрольних і експериментальних груп та здійснений аналіз за непараметричним критерієм Манна-Уїтні.

Застосування критеріїв для прийняття (відхилення) статистичних гіпотез завжди здійснюються на певному рівні значущості. Обираючи довірчу ймовірність $\alpha=0,05$, порівнюємо її з асимптотичною значущістю (0,953), отриманою за допомогою середовища SPSS. $0,953 > 0,05$, тому приймаємо гіпотезу про однорідність експериментальних і контрольних груп (рис. 1).

Наприкінці формувального експерименту в контрольних та експериментальних групах були зібрані дані за результатами рівня сформованості показників предметної компетентності студентів з фізики: когнітивного, діяльнісного, науково-дослідницького, інформаційно-технологічного, етично-поведінкового, мотиваційного, індивідуально-особистісного, які подано в табл. 2.

Mann-Whitney Test

Ranks			
Групи	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Рівень_знань			
Контрольна група	72	74,31	5350,00
Експериментальна група	76	74,68	5676,00
Total	148		

Test Statistics ^a	
	Рівень_знань
Mann-Whitney U	2722,000
Wilcoxon W	5350,000
Z	-,059
Asymp. Sig. (2-tailed)	,953

a. Grouping Variable: Групи

Рис. 1. Аналіз однорідності контрольних і експериментальних групи за критерієм Манна-Уїтні у програмі SPSS

Таблиця 2

Результати експерименту за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики в контрольних та експериментальних групах

Рівень	Кількість балів	КГ		ЕГ	
		студ.	%	студ.	%
Кількість студентів		72		76	
незадовільний	2	10	13,89	4	5,26
задовільний	3	32	44,44	14	18,42
добрий	4	21	29,17	34	44,74
відмінний	5	9	12,5	24	31,58
Середній бал		3,40		4,03	

Порівняльний розподіл студентів (у відсотках) на етапі формувального експерименту у контрольних та експериментальних групах за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики представлений на рис. 2.

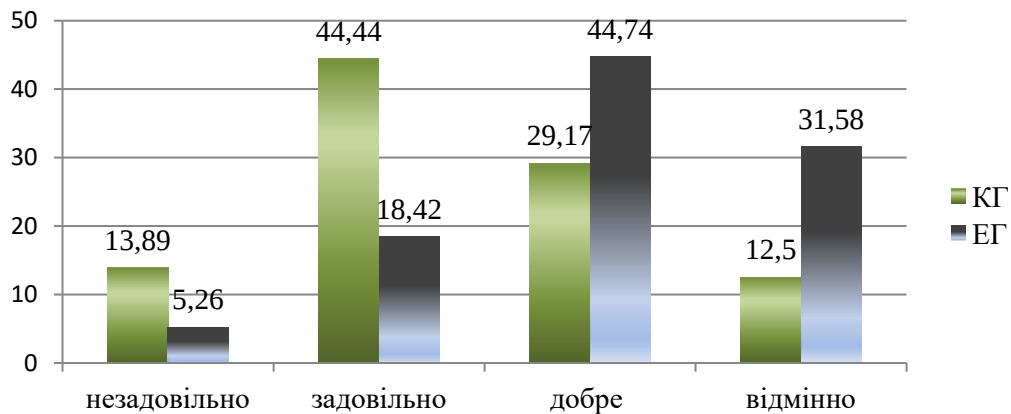


Рис. 2. Порівняльний розподіл студентів (у відсотках) у контрольних та експериментальних групах за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики

Опрацювання результатів сформованості предметної компетентності з фізики та оцінка ефективності розробленої методичної системи здійснювалась методами математичної статистики [2].

Одним із критеріїв, який був використаний для перевірки достовірності одержаних результатів, є χ^2 -критерій Пірсона.

χ^2 -критерій Пірсона

У нашому експерименті дослідженні вибірки випадкові і незалежні. Шкалою вимірювання є шкала з $C=4$ категоріями: 2 (незадовільно, оцінка “2”), 3 (задовільно, оцінка “3”), 4 (добре, оцінка “4”), 5 (відмінно, оцінка “5”). Накладено одну незалежну умову. Тому кількість степенів свободи $\nu=C-1=3$.

Нульова гіпотеза H_0 : ймовірність попадання студентів контрольної ($n_1=72$) та експериментальної вибірки ($n_2=76$) в кожну з k ($k=2, 3, 4, 5$) категорій однакова, тобто $H_0: p_{1k}=p_{2k}$ ($k=2, 3, 4, 5$), де p_{1k} – ймовірність оцінювання сформованості предметної компетентності з фізики учасників контрольних груп на k балів ($k=2, 3, 4, 5$) та p_{2k} – ймовірність оцінювання рівня сформованості предметної компетентності з фізики учасників експериментальних груп на k балів ($k=2, 3, 4, 5$).

Альтернативна гіпотеза H_1 : $p_{1k} \neq p_{2k}$ хоча б для однієї з C категорій.

Значення χ^2 обчислювалося за формулою [3, 272]:

$$\chi^2 = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{i=k} \frac{(n_1 N_{2i} - n_2 N_{1i})^2}{N_{1i} + N_{2i}},$$

де k – рівень досягнень учасників (категорія); N_{1i} , N_{2i} – кількість студентів відповідно в контрольних і експериментальних групах, які мають k -рівень знань.

З таблиці значень для рівня достовірності $\alpha=0,05$ і кількості степенів свободи $\nu=3$ визначаємо критичне значення статистики $\chi^2_{\text{крит}}=7,815$. Порівняння табличного значення критерію з обчисленим показало, що $\chi^2 > \chi^2_{\text{крит}}$ ($19,412 > 7,815$). Це стало основою для відхилення нульової гіпотези і прийняття альтернативної гіпотези: існують суттєві відмінності в рівнях сформованості предметної компетентності з фізики студентів, які навчалися за традиційною системою і розробленою автором, інакше кажучи, *методична система формування предметної компетентності з фізики за допомогою систем комп'ютерної графіки є більш ефективною, ніж традиційна*.

Для двох незалежних вибірок різної кількості з метою перевірки зроблених висновків за χ^2 -критерієм Пірсона застосуємо непараметричні критерії Манна-Уїтні та λ -критерій Колмогорова-Смирнова.

Критерій Манна-Уїтні

Результати перевірки відмінностей між контрольною і експериментальною вибірками в середовищі SPSS подано на рис. 3.

Mann-Whitney Test

Ranks				
Рівень_знань	Групи	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	Контрольна група	72	59,88	4311,00
	Експериментальна група	76	88,36	6715,00
	Total	148		

Test Statistics ^a	
	Рівень_знань
Mann-Whitney U	1683,000
Wilcoxon W	4311,000
Z	-4,242
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Grouping Variable: Групи

Рис. 3. Порівняння контрольної і експериментальної вибірок за критерієм Манна-Уїтні у програмі SPSS

Оскільки асимптотична значущість (0,000), отримана за критерієм Манна-Уїтні менше $\alpha=0,05$, то робимо висновок про наявність статистично значущих відмінностей у контрольних і експериментальних групах за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики, що пояснюється впливом на ефективність навчального процесу введеного фактора – систем комп'ютерної графіки.

λ -критерій Колмогорова-Смирнова

Для зіставлення двох емпіричних розподілів введемо позначення:

$\Psi(t)$ – функція розподілу ймовірностей рівня сформованості предметної компетентності з фізики в контрольних групах;

$G(t)$ – функція розподілу ймовірностей рівня сформованості предметної компетентності з фізики в експериментальних групах.

Нульова гіпотеза $H_0: \Psi(t)=G(t)$.

Альтернативна гіпотеза $H_1: \Psi(t)\neq G(t)$

У випадку виконання нульової гіпотези відхилення $D = \sup_t |G(t) - \Psi(t)|$ менше критичного для даного рівня значущості і кількості вибірки. Якщо $\Psi(t)\neq G(t)$, то відхилення – більше.

У таб. 3 наведено результати обробки експериментальних даних. Графічну інтерпретацію розподілів $\Psi(t)$ та $G(t)$ представлено на рис.4.

За таблицею $D=0,346$. Граничні значення для рівня значущості $\alpha=0,05$: $\varepsilon_{0,05; 72}=0,1623$, $\varepsilon_{0,05; 76}=0,1518$.

Таблиця 3.

Обробка експериментальних результатів за критерієм Колмогорова-Смирнова

Рівень	Бали	Абсолютна частота		Накопичена частота		Відносна накопичена частота		D
		КГ	ЕГ	КГ	ЕГ	КГ	ЕГ	
незадовільний	2	10	4	10	4	0,139	0,053	0,086
задовільний	3	32	14	42	18	0,583	0,237	0,346
добрий	4	21	34	63	52	0,875	0,684	0,190
відмінний	5	9	24	72	76	1,000	1,000	0,000

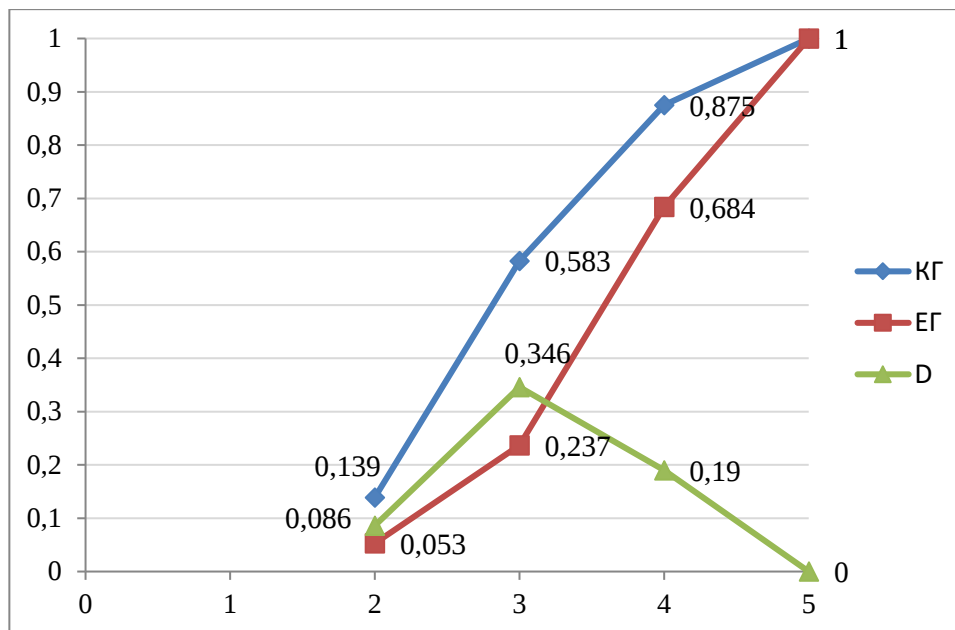


Рис. 4. Графіки функцій розподілу за балами в контрольних і експериментальних групах та відхилення D

Бачимо, що $D > \varepsilon_{\alpha;n}$ ($0,346 > 0,1623$ та $0,346 > 0,1518$), отже у відповідності з λ -критерієм Колмогорова-Смирнова стверджуємо, що нульова гіпотеза $H_0: \Psi(t) = D(t)$ відкидається і приймається альтернативна гіпотеза $H_1: \Psi(t) \neq D(t)$.

Це означає, що з достатньо великою точністю ми можемо говорити про існування значущого відхилення розподілу студентів за рівнем сформованості предметної компетентності з фізики в експериментальних групах від розподілу в контрольних групах.

Так як навчання студентів контрольних груп відбувалося на основі розроблених автором педагогічних умов, то робимо висновок, що саме вони є причиною підвищення рівня сформованої предметної компетентності з фізики у студентів коледжів і технікумів техніко-технологічного напрямку. Тому висунуту нами гіпотезу про позитивний характер впливу систем комп'ютерної графіки на формування предметної компетентності з фізики можна вважати підтвердженою.

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок. Таким чином, аналіз результатів педагогічного експерименту довів педагогічну доцільність реалізації методики поєднаних та інтегрованих аспектів у формуванні всебічних уявлень про графічний спосіб надання та аналізу навчальної інформації у процесі навчання фізики в контексті концепції «Нової української школи» [5]; ефективність залучення у практичну діяльність навчання й учіння студентів коледжів техніко-технологічного напрямку систем комп'ютерної графіки, що створить умови для набуття студентами інтегрованих фундаментальних знань під час вивчення фізики, творчої самореалізації у дослідницькій і навчально-пізнавальній діяльності, формування ключових компетентностей, які забезпечать мобільність майбутнього техника-технолога.

Здійснене дослідження вказує на необхідність подальшої роботи в області вивчення дидактичних умов залучення систем комп'ютерної графіки у навчальний процес як у вищій та і у середній школах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вазинський, С., Щербак, Т. (2016). *Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб.* Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка. (Vazhinsky, S., Shcherbak, T. (2016). *Methodology and Organization of Scientific Research*. Sumy: Sumy State University named after A. S. Makarenko).
2. Гончаренко, С. У. (2008). *Педагогічні дослідження: Методологічні поради молодим науковцям.* Київ-Вінниця: ДОВ «Вінниця». (Goncharenko, S. U. (2008). *Pedagogical*

- Research: Methodological Advice for Young Scientists; APS of Ukraine. Kiev; Vinnitsa: Vinnitsa State Enterprise).
3. Єфименко, С. (2018). Засоби Mathcad у навчальному фізичному експерименті. *Фізико-математична освіта : науковий журнал*, 1(15), 195 – 199. (Yefimenko, S. (2018). Means of Mathcad in the educational physical experiment. *Physical and Mathematical Education: scientific journal*, 1(15), 195 – 199).
 4. Панасенко, Е. (2011). Зміст і структура експерименту як методу наукового дослідження у теорії та практиці вітчизняної педагогіки (1945–1991 рр.). *Рідна школа*, 11, 28-35. (Panasenko, E. (2011). The content and structure of the experiment as a method of scientific research in the theory and practice of national pedagogics (1945–1991 years). *Native school*, 11, 28-35).
 5. Пташенчук, О., Чайченко, Н. (2018). Дидактична система формування дослідницької компетентності майбутніх учителів біології. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 4(78), 200-2015. (Ptashenchuk, O., Chaichenko, N. (2018). Didactic system of formation of research competence of the future biology teachers. *Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies*, 4(78), 200-2015).
 6. Сисоєва, С. О., Кристочук, Т. Є. (2013). *Методологія науково-педагогічних досліджень: Підручник*. Рівне: Волинські обереги. (Sisoyev, S. O., Kristopchuk, T. E. (2013). *Methodology of scientific and pedagogical research: Textbook*. Rivne: Volyn. Amber).

Єфименко С.Н., Величко С. П. Результаты экспериментальной проверки эффективности методической системы формирования предметной компетентности по физике студентов колледжей с помощью систем компьютерной графики.

В статье описана методика проведения педагогического эксперимента проверки эффективности разработанной автором методической системы формирования предметной компетентности по физике студентов колледжей технико-технического направления с помощью систем компьютерной графики и представлены его результаты. Результативность предложенной методики организации обучения физики проверялась на основании сравнительного анализа уровней сформированных показателей предметной компетентности по физике в контрольных и экспериментальных группах, что стало подтверждением статистической достоверности влияния методической системы на качество подготовки будущих техников-технологов.

Ключевые слова: предметная компетентность, педагогический эксперимент, экспериментальная и контрольная группы, χ^2 -критерий, критерий Манна-Уитни, λ -критерий Колмогорова-Смирнова.

Yefimenko S., Velychko S. Results of experimental verification of the effectiveness of the methodical system in formation of subject competence in physics for colleges' students through computer graphics systems.

The article describes the methodology of conducting a pedagogical experiment to verify the effectiveness of the developed methodical system of forming the subject competence in physics for students of technical and technological direction with the help of computer graphic systems and highlights its results.

Teachers and students of general education institutions, 12 physics teachers of college and 148 students who formed control and experimental groups took part in the pedagogical experiment.

During the experiment, the main factors influencing the effective mastering by physical knowledge and skills of the students at the level of formation of physical competence were identified.

The effectiveness of the proposed methodology for organizing the study of physics was tested on the basis of comparative analysis of the levels in formation of indicators of subject

competence in physics (cognitive, research, informational, technological, ethical, behavioral, motivational, individual and personal) in control and experimental groups.

Based on the analysis, systematization and mathematical processing of the obtained results of the χ^2 -criterion, the Mann-Whitney criterion, the λ -Kolmogorov-Smirnov criterion, we came to the conclusion that there are significant differences in the levels of formed competence in physics of students who studied physics by the traditional system and methodical system of the author.

The χ^2 -criterion: $\chi^2 > \chi^2_{cr}$. (19,412 > 7,815); the Mann-Whitney criterion: $0,000 < 0,05$; λ -Kolmogorov-Smirnov criterion: $D > \varepsilon_{\alpha;n}$ ($0,346 > 0,1623$ and $0,346 > 0,1518$).

Since the teaching of the students in the control groups was based on the pedagogical conditions developed by the author, we came to the conclusion that they are the reason for increasing the level of established of subject competence in physics of students of colleges and of technical school.

The conducted scientific research indicates the need for further work in the field of study of the didactic conditions of attracting computer graphics systems into the educational process, both in higher and in secondary schools.

Keywords: subject competence, pedagogical experiment, control and experimental groups, χ^2 -criterion, Mann-Whitney criterion, λ -Kolmogorov-Smirnov criterion.