

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана
Огієнка Фізико-математичний факультет
Кафедра математики

Дипломна робота магістра

**з теми: “МЕТОДИКА КЕРУВАННЯ НАУКОВИМИ
ДОСЛІДЖЕННЯМИ З МАТЕМАТИКИ В МАЛІЙ
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ”**

Виконав: Бачинський М.І.
студент 2 курсу ступеня вищої
освіти магістр, групи М1-М24
спеціальності 014 Середня освіта
(Математика)

Керівник: Зеленський О. В.,
кандидат фізико-математичних
наук, доцент

Рецензент: Кріль С. О.,
кандидат фізико-математичних
наук, доцент

Кам'янець-Подільський – 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
РОЗДІЛ I. ІСТОРІЯ МАН І СТАНОВЛЕННЯ УЧНІВСЬКИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
1.1. Витоки та етапи розвитку МАН України (1990-ті – сьогодні)	6
1.2. Міжнародні моделі учнівських досліджень: наукові ярмарки та конкурси	10
1.3. Роль університетів і кафедр у підтримці МАН	16
1.4. Нормативна база та структура конкурсу-захисту	20
РОЗДІЛ II. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ КЕРУВАННЯ УЧНІВСЬКИМИ ДОСЛІДЖЕННЯМИ З МАТЕМАТИКИ	25
2.1. Поняття «керування дослідженням»: цілі, ролі, етапи	25
2.2. Учнецентричний вибір теми: цікавість, доступність, потенціал новизни	28
2.3. Наукове письмо й структура математичної роботи	32
2.4. Відтворюваність у математиці: означення, твердження, приклади/контрприклад	36
РОЗДІЛ III. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ІНСТРУМЕНТИ КЕРІВНИКА	39
3.1. Планування траєкторії: дорожня карта, віхи, ризики	39
3.2. Керування часом і ресурсами (малі параметри, консультації, обчислення)	41
3.3. Огляд літератури: пошук, відбір, бібліографія	44
3.4. Візуалізація як елемент доказовості: «ключові фігури»	45
3.5. Формалізація особистого внеску учня; рефлексія й самооцінювання	46
РОЗДІЛ IV. ПРОЄКТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МАН-РОБОТИ: ВІД ІДЕЇ ДО РЕЗУЛЬТАТУ	49
4.1. Постановка задачі, метрики успіху та межі застосовності	49
4.2. Конструкції, леми та докази: «сходинки» результату	51

4.3. Перевірки коректності: подвійний підрахунок, інваріанти, еквівалентності	52
4.4. Приклад 1: гіпотеза Сеймура («друга околиця») – редукція до діаметра 3	54
4.5. Приклад 2: комбінаторні покриття для лотерей – верхні та нижні межі	56
РОЗДІЛ V. ОЦІНЮВАННЯ, ЗАХИСТ І ПУБЛІКАЦІЙНА ПРИДАТНІСТЬ	58
5.1. Рубрики оцінювання: актуальність, новизна, коректність, відтворюваність, презентація	58
5.2. Підготовка доповіді: наратив, фігури, відповіді на запитання	59
5.3. Публікаційні стратегії: тези, збірники, співавторство, рецензування	60
Висновки	61
Список використаних джерел	63

Вступ

Сучасна математична освіта дедалі активніше інтегрує елементи дослідницької діяльності, що передбачає не лише опанування готових методів, а й самостійне формулювання проблем, побудову моделей, конструювання доказів та перевірку результатів. Такий підхід відповідає світовим тенденціям розвитку STEM-освіти та вимогам до формування дослідницької культури школярів [4]. В Україні важливим інструментом реалізації цих підходів виступає система Малої академії наук, яка створює організаційні умови, методичні рамки та експертне середовище для учнівських наукових робіт [1].

Одним з актуальних напрямів є впровадження задач комбінаторного та графового характеру, оскільки вони поєднують концептуальну глибину з доступністю постановки, можливістю повного аналізу малих параметрів і широкими можливостями для пошуку власних результатів. Такі теми дозволяють учням працювати у форматі реального математичного дослідження: формулювати твердження, будувати контрприклад, узагальнювати часткові випадки та перевіряти коректність через інваріанти, подвійний підрахунок та еквівалентні моделі [2].

Важливим компонентом якісної учнівської роботи є відтворюваність результатів та прозорість доказів. Міжнародні стандарти наукового письма наголошують на необхідності чітких означень, мінімізації прихованих припущень, використанні структурованих лем і наявності механізмів перевірки тверджень [8]. У природничо-математичній освіті ці вимоги корелюють із принципами відкритої науки, реплікованості та відповідального ставлення до наукових даних [10].

Окремої уваги потребує питання візуалізації математичних конструкцій, адже грамотні схеми, рисунки та таблиці суттєво підсилюють доказовість, підвищують відтворюваність та допомагають уникнути неоднозначних

тлумачень [3]. Для учнівських досліджень, де обмеженість математичного апарату компенсується ясністю подачі, цей аспект є критично важливим.

Таким чином, мета цієї роботи – системно описати методiku проектування математичної МАН-роботи, яка поєднує учнецентричний підхід, контрольовану складність, коректні докази, візуальну прозорість, відтворюваність результатів та публікаційну придатність. Робота спирається як на педагогічні та методичні джерела, що визначають стандарти учнівських досліджень [1; 4; 6], так і на сучасні рекомендації щодо наукового письма, структурованих доказів і принципів відкритої науки [9].

Структура роботи відповідає логіці підготовки реального учнівського дослідження – від вибору теми та огляду літератури до побудови лем, конструкцій, перевірки коректності, підготовки презентації та публікаційних матеріалів. Наведені приклади з комбінаторики та теорії графів демонструють практичне застосування методичних принципів і показують, як опановані інструменти дозволяють учневі досягти змістовних, перевірюваних і науково коректних результатів.

ВИСНОВКИ

У роботі було послідовно описано, як перетворити абстрактну ідею учнівського математичного дослідження на керований, відтворюваний і публікаційно придатний проєкт. Запропонована модель поєднує вимоги конкурсу-захисту МАН із реальними можливостями учня старшої школи та орієнтована на комбінаторні й графові сюжети, де важливою є структурованість, відтворюваність і контроль складності.

По-перше, обґрунтовано учнецентричний підхід до МАН-роботи: тема та формат дослідження мають виходити з реальних інтересів і підготовки конкретного учня, а не лише з зовнішніх вимог. Показано, що чітка постановка задачі, продуманий вибір класу об'єктів і вбудовані обмеження («малі параметри», звуження структур) дозволяють зробити навіть «великі» ідеї сучасної математики доступними для опрацювання на шкільному рівні.

По-друге, розроблено рамку керування учнівським дослідженням: планування етапів роботи, календаризація, структурований огляд літератури, організація консультацій, фіксація особистого внеску. Наголошено на ключових критеріях якості математичної МАН-роботи – коректність, новизна в адекватних межах, відтворюваність, прозора структура доведень – і показано, як ці критерії можуть реалізовуватися в реальній практиці.

По-третє, детально описано інструменти, що підсилюють доказовість і прозорість учнівського дослідження: візуалізація через «ключові фігури», проміжні конструкції й леми як «сходинок» результату, перевірки коректності (подвійний підрахунок, інваріанти, еквівалентні формулювання, аналіз граничних випадків). Підкреслено, що ці елементи важливі не лише для журі, а й для самого учня як школа дисциплінованого математичного мислення.

По-четверте, на прикладах гіпотези Сеймура (друга околиця, редукція до графів діаметра 3) та комбінаторних покриттів для лотерей проілюстровано, як методична рамка працює «в дії». Обидва кейси демонструють однакову логіку:

(1) мотивація через зрозумілий сюжет; (2) формалізація задачі в строгих термінах; (3) звуження класу об'єктів; (4) побудова явних конструкцій і лем; (5) отримання верхніх і нижніх меж, які можна перевірити на конкретних параметрах. Таким чином, «велика» наукова тема перетворюється на посильний учнівський проєкт із реальним математичним змістом.

По-п'яте, показано, що завершальними етапами якісної МАН-роботи є не лише написання тексту, а й підготовка захисту та вихід у публічний простір через тези, статті у збірниках, спільні публікації з керівником. Структуровані рубрики оцінювання (актуальність, новизна, коректність, відтворюваність, презентація), продумана доповідь і готовність до рецензування перетворюють учнівський проєкт на перший крок до повноцінної участі в науковій спільноті.

Загалом запропонований підхід демонструє, що математична МАН-робота може бути водночас посильною для учня, методично цінною для вчителя й коректною за науковими стандартами. Системне поєднання учнецентричної мотивації, керованої складності, відтворюваних методів та публікаційних практик створює модель, яку можна масштабувати: як на інші розділи математики, так і на ширші програми підтримки учнівських досліджень у закладах освіти.

Список використаних джерел

1. Грудинін Б. О. Результати Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт в системі МАН України. Фізико-математична освіта. 2018. Вип. 1(15). С. 28–34.
2. Динич А., Зеленський О., Дармосюк В., Фенцур М., Стремедловський П. Комбінаторний аналіз лотерей. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. 2023. Вип. 24. С. 64–69.
3. Литвинова С. Г. Використання систем комп'ютерного моделювання для проектування дослідницьких завдань з математики. Фізико-математична освіта. 2018. Вип. 1(15). С. 83–89.
4. Пихтар М. П. Поетапні дії з формування математичної та дослідницької культури школярів у рамках МАН. Математика в школі. 2009. № 9. С. 30–33.
5. Слободяник О. В. Комп'ютерні моделі у дослідницькій діяльності учнів з фізики. Фізико-математична освіта. 2018. Вип. 4(18). С. 149–153.
6. Тихенко Л. Методика формування творчих здібностей старшокласників у процесі пошуково-дослідницької діяльності в МАН України. Рідна школа. 2010. № 10. С. 33–36.
7. Шапошникова І. Дослідницька наукова діяльність як засіб соціалізації учнів: досвід МАН. Директор школи, ліцею, гімназії. 2007. № 5. С. 27–30.
8. American Mathematical Society. Author Handbook for AMS Journals. Providence, RI: AMS, 2017.
9. Gopen G. D., Swan J. A. The Science of Scientific Writing. American Scientist. 1990. 78(6). P. 550–558.
10. Goodman S. N., Fanelli D., Ioannidis J. P. A. What Does Research Reproducibility Mean? Science Translational Medicine. 2016. 8(341). 341ps12.
11. Halmos P. R. How to Write Mathematics. L'Enseignement Mathématique. 1970. 16(2). P. 123–152.

12. Higham N. J. *Handbook of Writing for the Mathematical Sciences*. 2nd ed. Philadelphia: SIAM, 1998.
13. Knuth D., Larrabee T., Roberts P. *Mathematical Writing*. MAA Notes 14. Washington, DC: Mathematical Association of America, 1989.
14. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. *Reproducibility and Replicability in Science*. Washington, DC: National Academies Press, 2019.
15. Nosek B. A., et al. Promoting an Open Research Culture. *Science*. 2015. 348(6242). P. 1422–1425.
16. Pautasso N. Ten Simple Rules for Writing a Literature Review. *PLoS Computational Biology*. 2013. 9(7). e1003149.
17. Rougier N. P., Droettboom M., Bourne P. E. Ten Simple Rules for Better Figures. *PLoS Computational Biology*. 2014. 10(9). e1003833.
18. Sandve G. K., Nekrutenko A., Taylor J., Hovig E. Ten Simple Rules for Reproducible Computational Research. *PLoS Computational Biology*. 2013. 9(10). e1003285.
19. Mensh B., Kording K. Ten Simple Rules for Structuring Papers. *PLoS Computational Biology*. 2017. 13(9). e1005619.
20. Zelenskiy O., Darmosiuk V., Nalivayko I. A Note on Possible Density and Diameter of Counterexamples to the Seymour's Second Neighborhood Conjecture. *Opuscula Mathematica*. 2021. 41(4). P. 691–705.