

5. Слюсаренко В.В. Фізичний експеримент в навчально-виховному процесі. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 2013. Вип. 121. Ч. 1. С. 122-126.

**REFERENCES**

1. Zasiékina, T.M., Zasiékin, D.O. (2019) Fyzyka (profilnyi riven, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom Loktieva V.M.). [Physics (professional level, according to the curriculum of the author's team under the leadership of V.M. Loktev)] Kyiv: [in Ukrainian].
2. Sliusarenko, V.V. (2023) Vyvchennia zakonu Maliusa za dopomohoiu novitnoho obladdannia «PHYWE». [Studying Malus's law with the latest PHYWE equipment.] Kropyvnytskyi. [in Ukrainian].
3. Sliusarenko, V.V., Sadovyi, M.I. (2013) Metodychni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robót z optyky, termodynamiky ta atomnoi fzyky iz novitim obladdanniam «PHYWE». [Methodical recommendations for performing laboratory work in optics, thermodynamics and atomic physics with the latest PHYWE equipment] Kirovohrad. [in Ukrainian].
4. Sliusarenko, V.V. (2022) Navchalnyi fizychnyi eksperyment yak zasib formuvannia eksperymentalnykh kompetentnosti. [Educational physical experiment as a

means of forming experimental competences.] Boston, USA: Independently Published. P. 420-429. [in USA].

5. Sliusarenko, V.V. (2013) Fyzychnyi eksperyment v navchalno-vykhovnomu protsesi. [Physical experiment in the educational process] Naukovi zapysky. Seria: Pedahohichni nauky. Vyp. 121. Ch. 1. S. 122-126. [in Ukrainian].

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**СЛЮСАРЕНКО Віктор Володимирович** – кандидат педагогічних наук, вчитель фізики та математики ліцею «Гармонія» Знам'янської міської ради Кіровоградської області.

*Наукові інтереси:* вдосконалення фізичного експерименту за допомогою новітнього обладнання.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**SLYUSARENKO Viktor Volodymyrovych** – Candidate of Pedagogical Sciences, teacher of physics and mathematics of Lyceum "Harmoniya" Znamyan City Council, Kirovohrad Region.

*Scientific interests:* improvement of the physical experiment with the help of the latest equipment.

*Стаття надійшла до редакції 20.12.2023 р.*

УДК(378.147) [519.1+517.962]

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-212-141-148

**ШИШЕНКО Інна Володимирівна** –

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1026-5315>  
e-mail: shiinna@ukr.net

**ЛУКАШОВА Тетяна Дмитрівна** –

доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>  
e-mail: tanya.lukashova2015@gmail.com

**ДРУШЛЯК Марина Григорівна** –

доктор педагогічних наук, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>  
e-mail: marydru@fizmatsspu.sumy.ua

**СКАСКІВ Лілія Василівна** –

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри кібернетики та прикладної математики Державного податкового університету  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9090-6700>  
e-mail: lila\_yonyk@ua.fm

**РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРИ ВИВЧЕННІ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ ОЛІМПІАДНОЇ МАТЕМАТИКИ**

*Володіння інформаційно-цифровою компетентністю є важливим для майбутнього вчителя математики, оскільки дозволяє йому у майбутній професійній діяльності використовувати цифрові технології у навчанні учнів НУШ, забезпечує розвиток інтерактивності та колаборації у освітньому процесі ЗЗСО, формує уміння використання даних для аналізу та вдосконалення навчального процесу учнів, а також забезпечує підвищення професійного рівня та саморозвитку. Серед*

шляхів розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів математики слід відзначити використання цифрових інструментів у їх фаховій підготовці при вивченні фундаментальних та професійно-орієнтованих математичних курсів, зокрема, при вивченні окремих розділів олімпіадної математики. У статті розглянуто деякі шляхи та можливості використання цифрових технологій при вивченні однієї з досить складних і специфічних тем шкільного курсу математики – теми «Доведення нерівностей», яка традиційно входить у перелік топ-тем шкільних математичних олімпіад. Авторами встановлено, що застосування цифрових технологій може бути корисним як в ході пошуку самого методу доведення, так і для створення завдань на доведення нерівностей. Останнє уміння є важливим з точки зору розробки олімпіадних задач із вказаної теми. При цьому автори рекомендують на практичних та семінарських заняттях використовувати студентам власні мобільні пристрої і такі сервіси, як онлайн-калькулятори, програму динамічної математики GeoGebra, чат-бот зі штучним інтелектом ChatGPT. На думку авторів, реалізація наведеного у статті підходу дозволить сформуванню у майбутніх учителів математики уявлення та знання про можливості використання цифрових технологій при вивченні шкільного курсу математики в цілому (та окремих розділів олімпіадної математики зокрема), розвивати уміння самостійно збирати, аналізувати, передавати математичну інформацію, використовувати програмні засоби та апаратні пристрої для здійснення збору, обробки, зберігання та передачі інформації, оцінювати та обирати засоби цифрових технологій для організації навчального процесу з математики, усвідомлення можливостей інформаційного середовища для забезпечення якості освітнього процесу в умовах Нової української школи.

**Ключові слова:** підготовка майбутніх учителів математики; інформаційно-цифрова компетентність; цифрові технології; олімпіадна математика; нерівності; методи доведення нерівностей.

**SHYSHENKO Inna** –

Candidate of Pedagogical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics  
and Teaching Methods Sumy State Pedagogical University  
named after A. S. Makarenko

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1026-5315>

e-mail: shiinna@ukr.net

**LUKASHOVA Tetiana** –

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Mathematics,  
Physics and Teaching Methods  
Sumy State Pedagogical University  
named after A. S. Makarenko

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

e-mail: tanya.lukashova2015@gmail.com

**DRUSHLYAK Maryna** –

Doctor of Pedagogical Sciences,  
Professor of the Department of Mathematics,  
Physics and Teaching Methods  
Sumy State Pedagogical University  
named after A.S. Makarenko

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

e-mail: marydru@fizmatsspu.sumy.ua

**SKASKIV Lilia** –

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor, Associate Professor of the Department of  
Cybernetics and Applied Mathematics  
State Tax University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9090-6700>

e-mail: lila\_yonyk@ua.fm

#### **THE POSSIBILITIES OF THE CONTENT OF INDIVIDUAL SECTIONS OF OLYMPIAD MATHEMATICS FOR THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS**

*The possession of information and digital competence is important for the future teacher of mathematics, as it allows them to use digital technologies in their future professional activities, ensures the development of interactivity and collaboration in the educational process of secondary education, forms the ability to use data to analyze and improve the educational process of students, and also provides professional level improvement and self-development. Among the ways of developing the information and digital competence of future mathematics teachers the use of digital tools in their professional training should be mentioned, in particular, during the study of disciplines dedicated to the formation of skills to solve Olympiad problems. The article discusses some ways and possibilities of using digital technologies in the study of one of the rather complex and specific topics of the school mathematics course - the topic "Proofing Inequalities". The authors found that the use of digital technologies can be useful both in the search for the proof method itself, and for creating tasks for proving inequalities. The last skill is important from the point of view of developing Olympiad problems on the specified topic. At the same time, the authors recommend that students use their own mobile*

*devices and services such as online calculators, the dynamic mathematics program GeoGebra, chatbot with artificial intelligence ChatGPT in practical and seminar classes. According to the authors, the implementation of the approach presented in the article will allow future teachers of mathematics to form ideas and knowledge about the possibilities of using cloud services and mobile devices in the process of studying specific topics of the school mathematics course (as well as solving some Olympiad problems), develop the ability to independently collect, analyze, transfer mathematical information, use software and hardware devices to collect, process, store and transmit information, evaluate and choose digital technology tools for organizing the educational process in mathematics, awareness of the possibilities of the information environment to ensure the quality of the educational process in the conditions of the New Ukrainian School.*

**Key words:** *training of future mathematics teachers; information and digital competence; digital technologies; olympic mathematics; inequalities; methods of proving inequalities; professional mathematical disciplines.*

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** Відповідно до Професійного стандарту вчителя [1] майбутній учитель математики має бути готовим до ефективної діяльності у закладах загальної середньої освіти в умовах упровадження Нової української школи, зокрема в умовах цифровізації освітнього процесу. У зв'язку з цим математична освіта майбутнього вчителя математики в даний час потребує якісних змін у напрямі орієнтації на розвиток його інформаційно-цифрової компетентності. У той же час цифрові технології надають широкі можливості модернізації підготовки майбутніх учителів математики на основі інформаційної взаємодії між студентами, викладачами та всіма іншими учасниками освітнього процесу в різних режимах роботи, виступаючи як доступне джерело отримання інформації, зокрема навчальної, як середовище освітньої комунікації. Тому проблема розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів математики у процесі вивчення фундаментальних та професійно-орієнтованих математичних курсів є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною основою дослідження слугують наукові праці, у яких обґрунтовано основні проблеми підготовки майбутніх учителів в умовах розвитку інформаційного суспільства (О. Акімова, Н. Глузман, О. Дубасенюк, М. Друшляк, О. Пометун, О. Савченко, О. Семеніхіна та ін.), висвітлено теоретико-практичні засади ефективності використання інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення в освітньому процесі (В. Биков, І. Богданова, М. Жалдак, В. Лапінський, С. Литвинова, Н. Морзе, О. Семеніхіна та ін.) тощо. Інформаційно-цифрова компетентність вчителя середньої школи розглядається дослідниками як його здатність ефективно застосовувати інформаційні технології для підвищення якості освітнього процесу та розвитку учнів і включає знання, вміння та навички, які дозволяють вчителю ефективно використовувати цифрові технології для підтримки навчання і підвищення мотивації учнів [1].

Серед шляхів розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів математики слід відзначити використання цифрових інструментів у їх фаховій підготовці, зокрема, при вивченні дисциплін або окремих тем

математичних курсів, які спрямовані на формування вмінь розв'язувати олімпіадні задачі.

У ЗВО з метою підтримки і супроводу навчального процесу застосовуються комп'ютерні навчальні програми, за своїм призначенням їх можна розділити на контролюючі (тести, опитувальники та ін.), довідково-інформаційні (бази даних, словники), моделюючі та електронні підручники [4; 6]. Разом з тим, навіть поверхневий аналіз ситуації, яка склалася в педагогічних ЗВО, дозволяє зробити висновок про стихійне використання програмних засобів у навчанні фундаментальних математичних дисциплін студентів математичних спеціальностей. Крім того, жоден з наявних в даний час друкованих навчальних посібників для ЗВО з різних розділів олімпіадної математики не передбачає формування та розвитку умінь застосування цифрових технологій навіть з метою виконання окремих кроків розв'язання та перевірки правильності результату.

**Мета статті** – презентація досвіду розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх учителів математики при вивченні окремих розділів олімпіадної математики із використанням цифрових технологій.

**Методи дослідження.** У статті використано наступні теоретичні та емпіричні методи досліджень: системний аналіз наукової, навчальної та методичної літератури; порівняння та синтез теоретичних положень, розкритих в науковій та навчальній літературі; узагальнення власного педагогічного досвіду та досвіду колег з інших закладів вищої освіти.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нерівності відіграють значну роль у багатьох розділах математики, а в деяких її розділах – лінійному й нелінійному програмуванні, теорії ігор, дослідженні операцій – їм відводиться одне з центральних місць. Вони широко використовуються як в теоретичних дослідженнях, так і при розв'язуванні важливих практичних задач [2]. У курсі елементарної та багатьох курсах вищої математики акцент робиться на вивченні алгоритмів розв'язання нерівностей з однією змінною (в окремих курсах вищої математики – двома і кількома змінними). Вивченню методів доведення нерівностей приділяється значно скромніша увага. Наприклад, в курсі алгебри 9 класу для ЗЗСО та при поглибленому вивченні математики на розгляд даної теми відводиться

кілька годин. Так само питання доведення нерівностей не є окремим предметом вивчення і в різноманітних математичних курсах нормативної освітньої програми підготовки майбутніх вчителів математики, увага їм може бути приділена лише в рамках вибіркового курсів «Олімпіада математика», «Вибіркові питання шкільного курсу математики» тощо.

У той же час, задачі на доведення нерівностей досить важко алгоритмізуються і мають значне евристичне навантаження. Вони дають можливість комплексно закріпити велике коло теоретичних питань, що вивчаються у шкільному курсі математики (теорію нерівностей, питання рівносильності перетворень, властивості функцій, застосування похідної та інтеграла, геометричні нерівності тощо), сприяють формуванню критичності мислення, вмінню аналізувати, логічно обґрунтовувати та доводити. Саме тому завдання на доведення нерівностей є незмінними фаворитами різноманітних математичних олімпіад, конкурсів та турнірів.

Знання основних прийомів і джерел створення нерівностей, розуміння того, яким чином і на основі чого побудована та чи інша нерівність, дозволяє подивитись на задачу «з середини», сприяє більш глибокому аналізу й дає більше можливостей при відшуванні методів доведення нерівностей в цілому. У цьому напрямку досить широкі можливості щодо складання завдань на доведення нерівностей відкриває використання цифрових технологій, які дозволяють без значних зусиль виконувати обчислення, створювати графічні інтерпретації, виконувати перевірку.

Незважаючи на те, що при доведенні математичних тверджень цифрові технології відіграють роль допоміжного інструмента, а їх використання, взагалі кажучи, не вписується в

загальноприйняті уявлення про класичні математичні доведення, у деяких випадках вони можуть стати справжньою знахідкою для створення нових нерівностей або ключем до пошуку доведення заданих нерівностей. Ми вбачаємо перспективними можливості використання цифрових технологій для доведення нерівностей у наступних напрямках:

- знаходження сум і добутків членів послідовностей,
- побудови графіків функцій з метою визначення їх найбільших та найменших значень,
- оцінки площ криволінійних трапецій.

При цьому ми рекомендуємо студентам на практичних та семінарських заняттях використовувати власні мобільні пристрої і такі сервіси, як онлайн-калькулятори, програму динамічної математики GeoGebra, чат-бот зі штучним інтелектом ChatGPT [3;5].

Проілюструємо на прикладі один із варіантів доведення нерівностей, в яких ліва частина є сумою членів деякої числової послідовності. Для цього використаємо один з онлайн-калькуляторів.

**Приклад 1.** Довести, що для довільного  $n \in \mathbb{N}$

$$1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 \leq n^4$$

Зазвичай для доведення подібних нерівностей використовується метод математичної індукції у комбінації з підсиленням (чи послабленням нерівності) або ж виконується оцінка членів послідовності, яка дозволяє вийти на потрібну нерівність. Ще одним зі способів доведення є знаходження суми, що стоїть у правій частині нерівності та її оцінка. Знайдено цю суму із використанням онлайн-калькулятора (рис. 1).

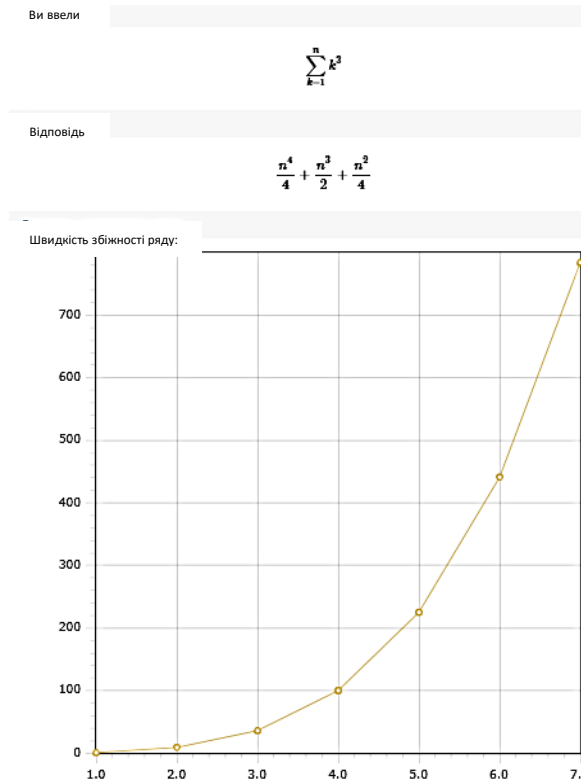


Рис. 1. Застосування онлайн-калькулятора до розв'язування прикладу

Отже, калькулятор дає наступний результат:

$$\sum_{k=1}^n k^3 = \frac{1}{4}n^4 + \frac{1}{2}n^3 + \frac{1}{4}n^2. \quad \text{Підсилимо}$$

тепер вираз у правій частині рівності:

$$\sum_{k=1}^n k^3 = \frac{1}{4}n^4 + \frac{1}{2}n^3 + \frac{1}{4}n^2 \leq \frac{1}{4}n^4 + \frac{1}{2}n^4 + \frac{1}{4}n^4 = n^4,$$

тобто

$$1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 \leq n^4, \quad n \in \mathbb{N}$$

що й треба було довести.

У даному випадку застосування онлайн-калькулятора суми дає можливість «побачити» шляхи пошуку доведення одразу, використовуючи лише підсилення нерівності.

Зазначимо, що доведення рівності  $1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 = \frac{1}{4}n^4 + \frac{1}{2}n^3 + \frac{1}{4}n^2$  також можна провести із використанням методу математичної індукції або із застосуванням апарату різничевого числення [4], причому розв'язання цієї задачі є набагато простішим, аніж доведення самої нерівності.

Також важливим з точки зору розвитку складових інформаційно-цифрової компетентності студентів є порівняльний аналіз можливостей використання цих сервісів на семінарських заняттях при вивченні даної теми. У ході такого аналізу студенти приходять до висновків, що використання онлайн-калькулятора дозволяє швидко обчислити необхідну для доведення нерівності суму, а отримана сума дозволяє згенерувати й інші, пов'язані із даною, нерівності:

**Задача 1.** Довести, що для  $n \in \mathbb{N}$ :

$$1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 \geq \frac{n^4}{4}.$$

**Задача 2.** Довести, що для  $n \in \mathbb{N}$ :

$$1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + n^3 \leq n^5.$$

**Задача 3.** Довести, що для  $n \in \mathbb{N}$ :

$$1 + 2^3 + 3^3 + 4^3 + \dots + 2023^3 \leq 2023^4.$$

Зазначимо, що доведення даної нерівності чат-бот зі штучним інтелектом ChatGPT пропонує провести методом математичної індукції. На рис. 2 представлено розв'язання, запропоноване штучним інтелектом ChatGPT.

Базовий випадок: При  $n=1$ , ліва частина рівності дорівнює  $1^3 = 1$ , а права частина дорівнює  $1^4 = 1$ . Отже, нерівність виконується для  $n=1$ .

Припущення індукції: Нехай для довільного  $k \in \mathbb{N}$ ,  $1+2^3+3^3+4^3+\dots+k^3 \leq k^4$ .

Індуктивний крок: Доведемо, що нерівність також виконується для  $k+1$ . Розглянемо суму  $1+2^3+3^3+4^3+\dots+(k+1)^3$ . Можемо розділити її на дві частини:  
 $1+2^3+3^3+4^3+\dots+k^3 + (k+1)^3$

Відповідно до припущення індукції, перша частина,  $1+2^3+3^3+4^3+\dots+k^3$ , менша за  $k^4$ . Отже:  
 $1+2^3+3^3+4^3+\dots+k^3 \leq k^4$

Також знаємо, що  $(k+1)^3 = k^3 + 3k^2 + 3k + 1$ . Додаючи це до нерівності, отримуємо:

$$1+2^3+3^3+4^3+\dots+k^3 + (k+1)^3 \leq k^4 + k^3 + 3k^2 + 3k + 1$$

Ми можемо зауважити, що  $k^4 + k^3$  є частинами квадрата  $(k^2 + k)^2$ . Тому:

$$k^4 + k^3 + 3k^2 + 3k + 1 = (k^2 + k)^2 + k^2 + 1$$

Знову ж таки, ми бачимо, що права частина цієї рівності є квадратом  $(k^2 + k)^2$ , що більше або рівне  $k^4$ . Тому:  $(k^2 + k)^2 + k^2 + 1 \geq k^4$

І, остаточно, ми отримуємо те, що необхідно довести.

Рис. 2. Застосування чат-боту з штучним інтелектом ChatGPT до розв'язування прикладу 1

Проте, у наведеному вище доведенні допущено кілька грубих математичних помилок. Рівність

$$k^4 + k^3 + 3k^2 + 3k + 1 = (k^2 + k)^2 + k^2 + 1,$$

наведена на останньому кроці на рис. 2, неправильна, має бути:

$$k^4 + k^3 + 3k^2 + 3k + 1 = (k^2 + k)^2 + 2k^2 + 3k + 1 - k^3.$$

Окрім того, твердження «права частина цієї рівності є квадратом  $(k^2 + k)^2$ » хибне, хоча його легко виправити («права частина цієї рівності не менша за  $(k^2 + k)^2$ »). Тому навіть ті розв'язання, які пропонує потужний чат-бот зі штучним інтелектом ChatGPT, слід ретельно перевіряти.

Слід зазначити, що аналіз наведеного вище «доведення», є корисною вправою для розвитку вміння аналізувати та критично оцінювати результати, які пропонують програмні засоби. На семінарських заняттях доцільно ставити студентам завдання на виявлення помилок та здійснення методичного аналізу подібних «доведень»

(ChatGPT пропонує кілька способів доведення даної нерівності, у кожному з яких є помилки і неточності) та виправлення помилок.

При доведенні нерівностей, які містять одну змінну, можна скористатися графічним методом. У цьому випадку задача фактично зводиться до побудови графіка відповідної функції та доведення її обмеженості на певному проміжку або ж при всіх значеннях аргументу.

**Приклад 2.** Довести, що для довільного дійсного  $x$  виконується нерівність  $\sqrt{x^2 + 1} + \sqrt{x^2 - x\sqrt{3} + 1} \geq \sqrt{3}$ .

Дана нерівність рівносильна нерівності  $\sqrt{x^2 + 1} + \sqrt{x^2 - x\sqrt{3} + 1} - \sqrt{3} \geq 0$ . Тому достатньо довести, що функція  $y = \sqrt{x^2 + 1} + \sqrt{x^2 - x\sqrt{3} + 1} - \sqrt{3}$  набуває невід'ємних значень на всій числовій прямій. Побудуємо її графік, скориставшись програмою динамічної математики GeoGebra (рис.3).

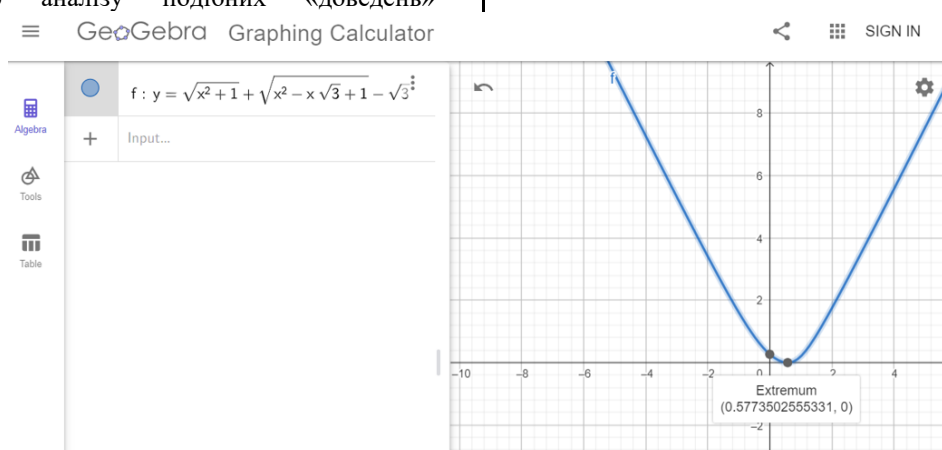


Рис. 3. Застосування програми динамічної математики GeoGebra до розв'язування прикладу 2

Виходячи з графіка, найменше значення даної функції дорівнює нулю, звідки й випливає потрібна нерівність.

Таким чином, один з алгоритмів дій щодо доведення даної нерівності полягає у її дослідженні на визначення найменшого значення (наприклад, з використанням похідної). Незавжди переконатися, що вказана функція має єдину точку екстремуму (мінімуму)  $x = \frac{1}{\sqrt{3}}$  і  $y(\frac{1}{\sqrt{3}}) = 0$ , що повністю узгоджується з графічним зображенням на рис. 4. Отже, використання програми динамічної математики GeoGebra дозволяє «побачити», як можна довести нерівність і спрогнозувати наступні кроки.

Доведена нерівність дає можливість «створити» серію нових нерівностей:

**Задача 8.**

Довести, що  $\sqrt{\pi^2 + 1} + \sqrt{\pi^2 - \pi\sqrt{3} + 1} \geq 3$ .

**Задача 9.** Довести, що

$$\sqrt{\cos^2 \alpha + 1} + \sqrt{\cos^2 \alpha - \sqrt{3} \cos \alpha + 1} \geq \sqrt{3}.$$

**Задача 10.** Довести, що

$$\sqrt{e^{2x} + 1} + \sqrt{e^{2x} - \sqrt{3}e^x + 1} > 1, x \in \mathbb{R}.$$

**Задача 11.** Довести, що

$$\sqrt{\frac{1}{2023^2} + 1} + \sqrt{\frac{1}{2023^2} - \frac{\sqrt{3}}{2023} + 1} \geq 3.$$

Використання програмних засобів математичного спрямування допомагає розв'язувати математичні задачі, які можуть бути надто громіздкими для «ручного» розв'язання, що у свою чергу, вивільняє час для вивчення нових математичних концепцій та поглиблення розуміння вже вивченого матеріалу. Програмні засоби математичного спрямування можуть використовуватись для автоматизації рутинних обчислень (таких як обчислення похідних, інтегралів, сум тощо) та допомагають візуалізувати наведені в умові дані, що може зробити їх більш простими та зрозумілими.

**Висновки та перспективи подальших розвідок напряму.** Проведене дослідження щодо шляхів розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх вчителів математики при вивченні окремих розділів олімпіадної математики із використанням цифрових технологій дозволяє констатувати наступне.

1. Формування та розвиток інформаційно-цифрової компетентності може бути реалізовано засобами цифрових технологій на кожному етапі професійної підготовки майбутніх вчителів математики.

2. Нерівності відіграють суттєву роль у багатьох розділах математики, широко використовуються як в теоретичних дослідженнях, так і при розв'язуванні важливих практичних задач. Проте, питання доведення нерівностей не є предметом окремого вивчення математичних курсів освітніх програм підготовки майбутніх

вчителів математики, тому приділити увагу їх вивченню можна лише в рамках вибіркового курсів «Олімпіадна математика», «Вибрані питання шкільного курсу математики» тощо.

3. Досить широкі можливості щодо створення завдань на доведення нерівностей відкриває використання цифрових технологій, які дозволяють без значних зусиль виконувати обчислення, робити графічні інтерпретації, виконувати перевірку отриманих результатів. Незважаючи на те, що при доведенні математичних тверджень цифрові технології відіграють роль допоміжного інструмента, а їх використання, взагалі кажучи, не вписується в загальноприйняті уявлення про класичні математичні доведення, у деяких випадках вони можуть стати справжньою знахідкою для конструювання нових нерівностей або ключем до пошуку доведення нерівностей.

4. Ми вбачаємо перспективним використання цифрових технологій як допоміжного інструмента для доведення нерівностей у наступних напрямках: знаходження сум і добутоків членів послідовностей, побудови графіків функцій з метою визначення їх найбільших та найменших значень, оцінки площ криволінійних трапецій. При цьому ми рекомендуємо студентам під час практичних занять використовувати власні мобільні пристрої та такі сервіси, як онлайн-калькулятори, програму динамічної математики GeoGebra, чат-бот зі штучним інтелектом ChatGPT.

5. Реалізація наведеного підходу дозволить сформувати у майбутніх учителів математики знання та уявлення про міжпредметні зв'язки у шкільному курсі математики та інформатики, про способи структурування та візуалізації інформації, про можливості використання цифрових технологій при вивченні шкільного курсу математики; розвивати уміння самостійно збирати, аналізувати, передавати математичну інформацію, використовувати програмні засоби та апаратні пристрої для здійснення збору, обробки, зберігання та передачі інформації; оцінювати та обирати засоби цифрових технологій для організації навчального процесу з математики, усвідомити сутність та значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства та можливостей інформаційного середовища для забезпечення якості освітнього процесу в умовах Нової української школи.

**СПИСОК ДЖЕРЕЛ**

1. Професійний стандарт вчителя закладу загальної середньої освіти. URL: [https://rada.info/upload/users\\_files/41868892/77dd4226add8e617afd9889dal1634d8.pdf](https://rada.info/upload/users_files/41868892/77dd4226add8e617afd9889dal1634d8.pdf)
2. Радченко В.М. Про доведення нерівностей. *У світі математики*. 1996. Т.2. В.1. С.22-28.
3. Семеніхіна О.В., Друшляк М.Г., Хворостіна Ю. В. Використання хмарного сервісу GeoGebra у навчанні майбутніх вчителів природничо-математичних

дисциплін. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2019. Т.73. № 5. С. 48-66.

4. Шищенко І.В., Лукашова Т. Д., Страх О. П. Фундування знань у процесі вивчення математичних понять засобами цифрових технологій у фаховій підготовці майбутніх учителів математики. *Фізико-математична освіта*. 2021. Вип. 6 (32). С. 57-63.

5. Semenikhina O., Drushlyak M. Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. *European Journal of Contemporary Education*. 2015. V. 11(1). P. 82-90.

6. Semenikhina O., Drushlyak M., Bondarenko Yu., Kondratiuk S., Dehtiarova N. Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*. 2019. Vol. 8. No. 1. P. 65-72. DOI: 10.18421/TEM81-08.

#### REFERENCES

1. Profesiynyi standart vchytelia zakladu zahalnoi serednoi osvity [Professional standard of a teacher of a general secondary education institution]. URL: [https://rada.info/upload/users\\_files/41868892/77dd4226add8e617afd9889dal1634d8.pdf](https://rada.info/upload/users_files/41868892/77dd4226add8e617afd9889dal1634d8.pdf). [in Ukrainian]

2. Radchenko, V.M. (1996). Pro dovedennia nerivnosti [On the proof of inequalities]. U sviti matematyky – In the world of mathematics, 2, 1, 22-28. [in Ukrainian]

3. Semenikhina, O.V., Drushlyak, M.G., & Khvorostina, Yu.V. (2019). Vykorystannia khmarnoho servisu GeoGebra u navchanni maibutnikh vchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystyplin [Use of the GeoGebra cloud service in teaching future teachers of science and mathematics disciplines]. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia – Information technologies and teaching aids, 73, 5, 48-66. [in Ukrainian]

4. Shyshenko, I.V., Lukashova, T.D., & Strah, O.P. (2021). Funduvannia znan u protsesi vyvchennia matematychnykh poniat zasobamy tsyfrovyykh tekhnolohii u fakhovii pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv matematyky [Foundation of knowledge in the process of learning mathematical concepts by means of digital technologies in professional training of future teachers of mathematics.]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education*, 6 (32), 57-63. [in Ukrainian]

5. Semenikhina, O., & Drushlyak, M. (2015). Organization of Experimental Computing in Geogebra 5.0 in Solving Problems of Probability Theory. *European Journal of Contemporary Education*, 11(1), 82-90. [in Ukrainian]

6. Semenikhina, O., Drushlyak, M., Bondarenko, Yu., Kondratiuk, S., & Dehtiarova, N. (2019). Cloud-based service GeoGebra and its use in the educational process: the BYOD-approach. *TEM JOURNAL – Technology, Education, Management, Informatics*, 8, 1, 65-72. [in Ukrainian]

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**ШИШЕНКО Інна Володимирівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка бакалаврів середньої освіти.

**ЛУКАШОВА Тетяна Дмитрівна** – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка.

*Наукові інтереси:* сучасна алгебра та теорія чисел, дискретна математика, професійна підготовка майбутніх учителів математики.

**ДРУШЛЯК Марина Григорівна** – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка.

*Наукові інтереси:* професійна підготовка майбутніх учителів математики та інформатики.

**СКАСКІВ Лілія Василівна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри кібернетики та прикладної математики Державного податкового університету

*Наукові інтереси:* дидактика математики та інформатики.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**SHYSHENKO Inna** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Teaching Methods Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko.

*Scientific interests:* professional training of bachelors of secondary education.

**LUKASHOVA Tetiana** – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mathematics, Physics and Teaching Methods Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko

*Scientific interests:* modern algebra and number theory, discrete mathematics, professional training of future teachers of mathematics.

**DRUSHLYAK Maryna** – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Mathematics, Physics and Teaching Methods Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko

*Scientific interests:* professional training of future teachers of mathematics and computer science.

**SKASKIV Lilia** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Cybernetics and Applied Mathematics State Tax University.

*Scientific interests:* didactics of mathematics and computer sciences.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2024 р.