9. Kuzyk, O., Dankiv, O. (2023). Fizyka koloru ta svitla [Physics of color and light]: navch. posib. Drohobych : DDPU im. Ivana Franka. 146 c. [in Ukrainian]

10. Podolyanchuk, S. V. (2022). Osoblyvosti vyvchennia tekhnolohii plastychnoho deformuvannia metaliv pry pidhotovtsi vchyteliv trudovoho navchannia ta tekhnolohii [Special aspects of studying the technology of plastic flow of metals in the training of handicrafts teachers]. Nauka i tekhnika sohodni. № 6. S. 245–257 [in Ukrainian]

11. Podolyanchuk, S. V. (2023). Aktualizatsiia zmistu dystsypliny «Bezpeka zhyttiediialnosti» pry pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv v umovakh voiennoho stanu [Updating the content of the discipline «Life Safety» in the training of future teachers in martial law conditions]. Aktualni pytannia u suchasnii nautsi. № 4. S. 350–361 [in Ukrainian]

12. Pro zatverdzhennia Sanitarnoho rehlamentu dlia zakladiv zahalnoi serednoi osvity (2020). [On approval of the Sanitary Regulations for general secondary education institutions] : zatv. Nakazom Min-va okhorony zdorovia vid 25 veres. 2020 r. № 2205. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1111-20#Text [in Ukrainian]

13. Tykhoplav, O., Nasteka, T. (2023). Doslidzhennia vplyvu osvitlennia navchalnykh zakladiv na samopochuttia uchniv [Research into the impact of lighting in educational institutions on students' well-being]. Collection of scientific papers «SCIENTIA». December 8. Antwerp, Belgium. S. 113–117 [in Ukrainian]

14. Tkachuk, A. I., Puliak, O. V. (2017). Bezpeka zhyttiediialnosti ta osnovy okhorony pratsi [Life safety and basics of labor protection]. Kropyvnytskyi : PP «Tsentr operatyvnoi polihrafii «Avanhard»». 184 s. [in Ukrainian]

15. Chaichuk, O. Yu. (2020). Bezpeka zhyttiediialnosti liudyny yak nevidiemna chastyna pidhotovky maibutnikh uchyteliv [Human life safety as an integral part of the training of future teachers]. Bezpeka zhyttia i diialnosti liudyny: teoriia ta praktyka : zbirnyk nauk. prats Vseukr. nauk.-prakt. konf. Poltava : PNPU imeni V.H. Korolenka. S. 340–342 [in Ukrainian]

16. Iaroshenko, A. (2018). Psykholohiia koloru v dyzaini seredovyshcha. [Color psychology in environmental design]. Aktualni problemy suchasnoho dyzainu : materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv : KNUTD, 2018. S. 237–240 [in Ukrainian]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ПОДОЛЯНЧУК Станіслав Вікторович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри образотворчого, декоративного мистецтва, технологій та безпеки життєдіяльності Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського.

Наукові інтереси: моніторинг наукової діяльності, технології викладання технічних дисциплін.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

PODOLYANCHUK Stanislav Viktorovich – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Fine, Decorative Arts, Technologies and Life Safety Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynsky State Pedagogical University.

Scientific interests: monitoring of scientific activity, technologies of teaching technical disciplines.

Стаття надійшла до редакції 02.02.2025 р.

УДК 373:512
DOI: 10.36550/2415-7988-2025-1-217-221-225

КАРНИЦЬКИЙ Андрій Євгенович –
викладач математики та фізики приватного закладу загальної середньої освіти «Alterra School»
ORCID: https://orcid.org/ 0009-0002-6354-0875
e-mail: karnitskiy.ae@gmail.com;

ЧЕПОК Ольга Олегівна –
кандидат фізико-математичних наук,
викладач кафедри вищої математики і статистики
Державного закладу
«Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського»
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8514-2769
e-mail: chepok.oo@pdpu.edu.ua

ПОВНІ ПОСЛІДОВНОСТІ ЦІЛИХ ЧИСЕЛ У КУРСАХ МАТЕМАТИКИ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Повні послідовності натуральних чисел являють собою нескінченні послідовності, за допомогою яких можна отримати будь-яке інше натуральне число. Особливий інтерес викликають повні адитивні послідовності, що мають широке застосування в математиці, зокрема в таких її розділах, як комбінаторика, теорія чисел та криптографія. Вони також можуть бути корисними при розв'язанні задач різного рівня складності, тому їх вивчення доцільно впроваджувати у навчальний процес, наприклад, під час факультативних занять у закладах загальної середньої освіти. У ході аналізу було розглянуто найбільш відомі повні послідовності, серед яких система чисел Фібоначчі, числа Піллаї, послідовність практичних чисел та їх основні властивості. Крім того, було проаналізовано можливість використання цих властивостей для розв'язування конкретних завдань, що входять до шкільного курсу математики. Було підібрано та розв'язано відповідні задачі із застосуванням теоретичних засад повних послідовностей, що підтвердило їхню практичну значущість у навчальному процесі. Варто відзначити, що знайомство учнів із теорією повних натуральних чисел сприяє розвитку їхнього логічного та аналітичного мислення, що є важливим фактором у формуванні математичної компетентності. Також, повні послідовності мають велике значення у математичному моделюванні та розв'язанні оптимізаційних задач, що може бути особливо корисним у підготовці учнів до подальшого навчання у сфері програмування, криптографії та аналізу даних. Наприклад, знання про повні послідовності дозволяє краще зрозуміти принципи стиснення даних, кодування інформації та алгоритми захисту даних, що широко застосовується в сучасних інформаційних технологіях. Окрім цього, *розгляд різних типів повних послідовностей допомагає учням розширити кругозір, підвищити рівень математичної культури та розвинути нестандартне математичне мислення. Впровадження цих тем у навчальний процес сприятиме зацікавленості школярів у математиці, дозволить їм побачити її реальне застосування в повсякденному житті та мотивуватиме до подальших досліджень у цій сфері. Зокрема, вивчення повних послідовностей може підготувати учнів до подальшого освоєння інформатики, теоретичної математики та суміжних дисциплін. Отже, їх інтеграція в освітній процес не лише сприятиме підвищенню рівня знань, а й допоможе учням сформувати важливі навички, необхідні для майбутнього професійного розвитку в технічних та аналітичних сферах.*

Ключові слова: *теорія чисел, криптографія, повні послідовності, задачі шкільного курсу, факультативні заняття з математики.*

KARNYTSKYI Andrii Evgenievich –
teacher of mathematics and physics at the private secondary education institution «Alterra School»
ORCID: https://orcid.org/ 0009-0002-6354-0875
e-mail: karnitskiy.ae@gmail.com;
CHEPOK Olga Olehivna –
candidate of physical and mathematical
sciences, lecturer at department of higher mathematics and statistics of the State institution «South Ukranian
National Pedagogical University named after K. D. Ushinsky»
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8514-2769
e-mail: chepok.oo@pdpu.edu.ua

COMPLETE SEQUENCES OF INTEGERS IN MATHEMATICS COURSES IN GENERAL SECONDARY EDUCATION INSTITUTIONS

Complete sequences of natural numbers are infinite sequences that can be used to obtain any other natural number. Of particular interest are complete additive sequences, which are widely used in mathematics, in particular in such sections as combinatorics, number theory, and cryptography. They can also be useful in solving problems of various levels of complexity, so it is advisable to introduce their study into the educational process, for example, during optional classes in secondary education institutions. The analysis considered the most famous complete sequences, including the Fibonacci number system, Pillai numbers, the sequence of practical numbers, and their basic properties. In addition, the possibility of using these properties to solve specific problems included in the school mathematics course was analyzed. The corresponding problems were selected and solved using the theoretical principles of complete sequences, which confirmed their practical significance in the educational process. It is worth noting that students' familiarity with the theory of complete natural numbers contributes to the development of their logical and analytical thinking, which is an important factor in the formation of mathematical competence. Also, complete sequences are of great importance in mathematical modeling and solving optimization problems, which can be especially useful in preparing students for further studies in the field of programming, cryptography and data analysis. For example, knowledge of complete sequences allows you to better understand the principles of data compression, information encoding and data protection algorithms, which are widely used in modern information technologies. In addition, considering different types of complete sequences helps students broaden their horizons, increase their level of mathematical culture and develop non-standard mathematical thinking. The introduction of these topics into the educational process will promote students' interest in mathematics, allow them to see its real application in everyday life and motivate them for further research in this area. In particular, the study of complete sequences can prepare students for further mastery of computer science, theoretical mathematics and related disciplines. Therefore, their integration into the educational process will not only contribute to increasing the level of knowledge, but also help students develop important skills necessary for future professional development in technical and analytical fields.

Key words: *number theory, cryptography, complete sequences, school course problems, optional mathematics classes.*

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Повні послідовності натуральних чисел визначаються як нескінченні послідовності натуральних чисел, за допомогою яких можна представити будь-яке інше натуральне число.

Повні адитивні послідовності мають велике значення в математиці, особливо в таких областях, як комбінаторика, теорія чисел та криптографія. Окрім цього, вони знаходять застосування у комп'ютерних науках, зокрема при побудові алгоритмів і кодуванні інформації. Теорію повних послідовностей натуральних чисел також можна використовувати при розв'язанні математичних задач різного рівня складності.

Знайомство з використанням таких прикладів повних послідовностей, як послідовності степенів двійки, чисел Фібоначчі для кодування/сортування даних тощо, допомагає підготувати учнів до подальшого вивчення основ інформатики, а також стимулює розвиток їх логічного мислення.

Гіпотеза нашого дослідження полягає у тому, що теорія повних адитивних послідовностей може бути ефективно використана для розв'язання широкого спектра математичних задач шкільного курсу, допомагаючи учням краще оволодіти основами математики та розвинути аналітичні здібності.

Все це свідчить про актуальність нашої теми дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Неспадна послідовність натуральних чисел* $V = [v_1, v_2, v_3, \dots]$ *називається повною* [3, с. 123], *якщо кожне натуральне число можна представити у виді суми деякої кількості чисел цієї послідовності V, тобто:*

$$\forall n \in N : n = \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cdot v_i, \quad \forall i : a_i \in \{0,\ 1\}.$$

Варто зазначити, що таке представлення у загальному випадку не є однозначно визначеним.

Важливою теоремою, що дозволяє визначити повноту будь-якої послідовності натуральних чисел, є критерій Д.Брауна [3].

Теорема 1 (критерій Д.Брауна**).** *Для того, щоб неспадна послідовність натуральних чисел* $V = [v_1, v_2, v_3, \ldots]$ *була повною, необхідно і достатньо, щоб виконувались умови:*

1) $v_1 = 1$;

2) $\forall k > 1 : v_{k+1} \leq 1 + v_1 + v_2 + \ldots + v_k$.

Наслідок 1. *Для того, щоб послідовність* $V = [v_1, v_2, v_3, \ldots]$ *була повною, достатньо, щоб:*

1) $v_1 = 1$;

2) $\forall k > 0 : v_{k+1} \leq 2\, v_k$.

Наслідок 2. *Якщо довільна послідовність* $V = [v_1, v_2, v_3, \ldots]$ *є неспадною повною послідовністю, то* $v_i \leq 2^{i-1} (i = 1, 2, \ldots)$ [4].

Прикладами повних послідовностей є також послідовність факторіалів чисел, числа Фібоначчі, числа Трибоначчі, числа Люка тощо. Прикладом неповної послідовності є послідовність парних чисел [4, 5, 6]

Розглянемо більш детально приклад повної послідовності, яка починається з 1 та всіх простих чисел: $\{1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, \ldots\}$. Ця послідовність пов'язана з дослідженням індійського математика Суббайї Шанкара Піллаї (S. S. Pillai) і названа на його честь [7].

Піллаї задався питанням, чи можна будь-яке натуральне число виразити як суму елементів певної послідовності, що складається з числа 1 і простих чисел, використовуючи кожен елемент не більше одного разу. З постулату Бертрана випливає, що послідовність чисел Піллаї є повною [7].

Послідовність Піллаї включає в себе простих чисел, питанням кількості та густині простих чисел присвячено низку досліджень.

У 1852 році було доведено, що частка простих чисел серед чисел від 1 до *N* приблизно пропорційна 1/ log *N*. Згодом більш точний варіант цього твердження, званий асимптотичним законом розподілу простих чисел, був доведений (1896 року) Адамаром і Валле-Пуссеном з використанням дзета-функції Рімана (і різних фактів з комплексного аналізу). Таким чином, частка простих чисел поступово зменшується, але досить повільно [4].

Ще у 1912 році відомим ученим з аналітичної теорії чисел Э. Ландау було поставлене питання про те, чи можна кожне натуральне число $n > 1$ може бути представлено як сума не біліше скінченної кількості простих чисел [4].

У 1930 р. [7] було доведено справедливість справедливість наступної теореми:

Теорема 2. *Існує стале число k, таке, що кожне натуральне число, більше 1, може бути представлене у вигляді суми не більше k простих чисел.*

Описаний при доведенні метод наразі дозволяє довести її при k=18, у найпершому доведенні число *k* було досить великим.

У 1934 р. Було доведено наступну теорему [4,6] :

Теорема 3. *Існує стале натуральне число* N_o, *таке, що всі непарні числа, більші за* N_o, *можуть бути представлені у вигляді суми трьох простих чисел.*

Першим таку проблему поставив Гольдбах, який припустив, що довільне натуральне число можна представити у сумі не більш ніж трьох простих чисел.

У аналітичній теорії чисел ставляться також завдання про представлення чисел як суми одного простого числа та інших чисел заданого виду. У 1959 році вдалося вирішити проблему, поставлену у 1923 році англійськими математиками Харді та Літлвудом, а саме йому вдалося довести наступну теорему [4,6].

Теорема 4. *Кожне досить велике натуральне число n може бути представлене у вигляді суми простого числа двох квадратів цілих чисел:*

$n = p + k^2 + l^2, \;\; k, l \in Z$

Серед адитивних завдань з простими числами особливою популярністю користується проблема про прості числа-близнюки. Крім 2, всі інші прості числа — непарні та найменша можлива різниця між ними дорівнює 2.

Наприклад, серед перших 50 натуральних чисел є 6 пар простих чисел близнюків, а саме:

3, 5; 5, 7; 11, 13; 17, 19; 29, 31 і 41, 43.

Припускають, що існує безліч таких пар, проте ні довести, ні спростувати це припущення поки що не вдалося. Прості числа близнюки можна виділити з натурального ряду способом, абсолютно аналогічним до звичайного ератосфенового решета.

Справедливими є також наступні теореми.

Теорема 5. *Нехай* $p_1 = 2, p_2, \ldots, p_r$ *- всі прості числа не більші за* $\sqrt{N+2}, N \geq 7$. *Якщо в натуральному ряду послідовно викреслити всі числа кратні числам* $p_1 = 2, p_2, \ldots, p_r$, *а також всі числа n, для яких n+2 кратні* $p_1 = 2, p_2, \ldots, p_r$, *то залишаться прості числа P, для яких P+2 також є простими числами , до того ж* $\sqrt{N+2} < p \leq N$.

Теорема 6. *Нехай* $p_2 = 3, \ldots, p_r \leq \sqrt{N} < p_{r+1} < \ldots < p_s \leq \sqrt{2N}$ *- всі непарні прості числа, які не перевищують* $\sqrt{2N}$.

Якщо серед непарних простих чисел n, таких що $3 \leq n \leq N$ *викреслити всі числа кратні хоча б одному з чисел* $p_2, \ldots, p_r$, *а також всі числа n, для яких* $2N - n$ *кратне хоча б одному з* $p_2, \ldots, p_s$, *то числа, які залишились є простими, для яких* $p' = 2N - p$ *- також просте та* $\sqrt{N} < p \leq N$

Ще одним прикладом повних послідовностей є послідовність практичних чисел – це послідовність яка складається з 1, та інших степенів двійки.[19, pp. 127-128]

$S = \{1, 2, 4, 8, 16, \ldots\}$

Зауважимо, що

$\forall l : 2^l - 1 = (2-1)(2^{l-1} + 2^{l-2} + \ldots + 1) = 2^{l-1} + 2^{l-2} + \ldots + 1$,

а тому $\forall l : 2^l - 1 \leq 2^{l-1} + 2^{l-2} + \ldots + 1$, звідси виконується критерій повноти (умови тереми 1.)

Множина цілих невід'ємних ступенів двійки 2^n має безліч цікавих і несподіваних властивостей. Ступені двійки є основою для отримання парних досконалих чисел. Ступені двійки пов'язані з номерами непарних чисел у послідовності Каталана (1,1,2,5,14,42,132,…), які часто з'являються в задачах комбінаторики (числа на непарних місцях у цій послідовності є ступенями двійки) [1].

Ці властивості показують глибокий зв'язок ступенів двійки з різними математичними концепціями й ілюструють їхню унікальність у числових структурах та застосовуваність при розв'язанні різного типу задач.

Всі вищевказані факти є теоретичними передумовами нашого дослідження.

Мета роботи – проаналізувати можливості використання теорії повних послідовностей до розв'язання математичних задач шкільного курсу.

Методи дослідження: 1) теоретичні: опрацювання та проведення всебічного аналізу відповідних джерел інформації, проведення міркувань дедуктивного характеру (від загального до конкретного), формулювання висновків як результатів синтезу відповідних міркувань; 2) практичні: створення конспектів уроків, розв'язання різних типів задач.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згідно до гіпотези нашого дослідження ми підібрали та розв'язати відповідні завдання з застосуванням теорії повних послідовностей, які зустрічаються у курсах математики закладів загальної середньої освіти а також серед завдань учнівських олімпіад та конкурсів[2]. Ось деякі приклади задач.

Задача 1. Знайти всі пари простих чисел (p, p'), для яких виконується рівність:

$$p + p' = 232.$$

Розв'язання. Для розв'язання використаємо результати теорем 5 та 6. Непарні прості числа, менші або рівні $\sqrt{116}$, рівні 3, 5, 7, а до простих чисел, менших або рівних $\sqrt{232}$, додаються ще прості числа 11 і 13. У множині непарних чисел 3, 5, 7, 9,…, 115 викреслюємо усі числа *n*, що діляться на 3, і числа *n*, такі, що

$$232-n\equiv 0(\mathrm{mod}\,3)\Rightarrow n\equiv 1(\mathrm{mod}\,3)$$

Залишаються непарні числа $n\equiv 2(\mathrm{mod}\,3)$, тобто, числа:

5, 11, 17, 23, 29, 35, 41, 47, 53, 59, 65, 71, 77, 83, 89, 95, 101, 107, 113.

З решти чисел викреслюємо такі числа *n*, для яких $n\equiv 0(\mathrm{mod}\,5)$, і такі, для яких $232-n\equiv 0(\mathrm{mod}\,5)\Leftrightarrow n\equiv 2(\mathrm{mod}\,5)$

Після цього залишаються числа:

11, 23, 29, 41, 53, 59, 71,83,89, 101, 113.

Потім викреслюємо числа виду $n\equiv 0(\mathrm{mod}\,7)$, а також виду

$$232-n\equiv 0(\mathrm{mod}\,7)\Rightarrow n\equiv 1(\mathrm{mod}\,7).$$

Після цього залишаються числа:

11, 23, 41, 53, 59, 83, 89, 101.

Викреслюємо ще числа *n*, такі $232-n\equiv 0(\mathrm{mod}\,11)\Rightarrow n\equiv 1(\mathrm{mod}\,11)$, що і числа *n*, такі, що $232-n\equiv 0(\mathrm{mod}\,13)\Rightarrow n\equiv 11(\mathrm{mod}\,13)$.

У результаті залишаються числа:

41, 53, 59, 83, 101.

Додаємо до них прості числа 3 і 5, менші ніж $\sqrt{116}$, для яких 232-3 = 229 і 232-5 = 227 - також прості числа. Подання числа 232 у вигляді суми двох простих чисел мають вигляд

232 = 3 + 229 = 5 + 227 = 41 + 191 = 5 3 + 179 = 59 + 173 =

= 83 + 149 = 101 + 131,

і ще 7 зображень, що виходять зміною місць доданків.

Отже, рівняння x + y = 232 має 14 розв'язків у простих числах.

Задача 2. Контейнер об'ємом N = 37 од^3. потрібно заповнити за допомогою блоків, розмір яких відповідає степеням двійки. Яку мінімальну кількість блоків можна використати?

Розв'язання.

Найбільший блок має об'єм $2^5=32\left(од^3\right)$.

Залишок: $37 - 32 = 5\left(од^3\right)$.

Найбільший блок для залишку об'ємом $5\left(од^3\right)$ – це $2^2=4\left(од^3\right)$.

Залишок: 5–4=1=2^0 (од^3)

Отже, $37 = 32 + 4 + 1$, або $37=2^5+2^2+2^0$. Отже, використано три блоки об'ємами 32 од^3, 4 од^3 та 1 од^3.

Відповідь. 3 блоки.

Задача 3. Знайти всі натуральні числа n та m, для яких виконується рівність:

$$2^n+2^m=k^2,$$

де k – натуральне число.

Розв'язання: Припустимо, що $n\geq m$. Тоді: $2^m(2^{n-m}+1)=k^2$.

Звідси 2^m має бути степенем 2, тобто $m\geq 0$, а $2^{n-m}+1$ є цілим непарним числом. $2^{n-m}+1$ має бути квадратом непарного числа. Позначимо: $2^{n-m}+1=t^2, \quad t\in N.$

Розв'яжемо рівняння для t: $2^{n-m}=t^2-1=(t-1)(t+1).$

Тут (t−1) і (t+1) (є послідовними парними числами, добуток яких є степенем двійки. Це можливо лише у випадках: $t-1=2^a \quad , \quad t+1=2^b, \qquad b=a+1.$

Розв'язання для t: $t-1=2^a, \quad t+1=2^{a+1}.$

Звідси: $t=2^a+1,$

Знайдемо *n–m*:

Підставляємо t у $2^{n-m}=\left(t-1\right)\left(t+1\right)$

$2^{n-m}=(2^a)(2^{a+1})=2^{2a+1}.$

Отже: $n-m = 2a+1.$

Загальний вигляд розв'язку: $m=b, \quad n=m+(2a+1), \quad k=2^b(2^a+1).$

Висновки і перспективи подальших розвідок напряму. Теорія повних адитивних послідовностей може бути ефективно використана для розв'язання широкого спектра математичних задач шкільного курсу, для розв'язання комбінаторних задач, задач теорії чисел, задач на сортування тощо. Нові методи допомагають учням краще оволодіти основами математики та розвинути аналітичні здібності.

Можна зробити загальні висновки, що знайомство з теорією повних натуральних чисел, наприклад, на факультативних заняттях з математики, для учнів старших класів закладів загальної середньої освіти є доречною з нашої точки зору.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Завало С.Т., Костарчук В.М., Хацет Б.І. Алгебра і теорія чисел: В 2-х ч. Київ: Вища шк. Головне вид-во, 1976. Ч.2. 384 с.
2. Карницький А.Є., Чепок О. О. Повні послідовності натуральних чисел та їх застосування. The 1st International scientific and practical conference "Science in the modern world: innovations and challenges" (September 27-29, 2024) Perfect Publishing, Toronto, Canada. 2024. С 163-167
3. Brown, J. L. Note on Complete Sequences of Integers. *The American Mathematical Monthly*, 1961. *68* (6), 557–560.
4. Chandrasekharan, K. Introduction to analytic number theory Berlin Heidelberg New York: Springer-verlag. 1968.
5. Daykin, D. E. Representation of natural numbers as sums of generalized Fibonacci numbers, J. London Math. Soc. vol. 35, 1960, pp. 143-16
6. Honsberger, R. *Mathematical Gems III.* Washington, DC: Math. Assoc. Amer. 1985.
7. Pillai, S. An arithmetical function concerning primes, *Annamalai University Journal*, 1930. p. 159–167.

REFERENCES

1. Zavalo, S.T., Kostarchuk, V.M., Khatset, B.I. (1976). Alhebra i teoriia chysel: V 2-kh ch. Kyiv: Vyshcha shk. Holovne vyd-vo. [in Ukrainian]
2. Karnytskyi, A.Ie., Chepok, O. O. (2024). Povni poslidovnosti naturalnykh chysel ta yikh zastosuvannia [Complete sequences of natural numbers and their applications]. The 1st International scientific and practical conference "Science in the modern world: innovations and challenges" (September 27-29, 2024) Perfect Publishing, Toronto, Canada. P. 163-167 [in Ukrainian]
3. Brown, J. L. (1961). Note on Complete Sequences of Integers. The American Mathematical Monthly, 68(6), 557–560. [in English]
4. Chandrasekharan, K. (1968). Introduction to analytic number theory. Berlin Heidelberg New York: Springer-verlag. [in English]
5. Daykin, D. E. Representation of natural numbers as sums of generalized Fibonacci numbers, J. London Math. Soc. vol. 35, 1960, pp. 143-16 [in English]
6. Honsberger, R. (1985). Mathematical Gems III. Washington, DC: Math. Assoc. Amer. [in English]
7. Pillai, S. (1930). An arithmetical function concerning primes, Annamalai University Journal, p. 159–167. [in English]

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

КАРНИЦЬКИЙ Андрій Євгенович – викладач математики та фізики приватного закладу загальної середньої освіти «Alterra School».

Наукові інтереси: методика навчання математики у закладах загальної середньої освіти, математичний аналіз, алгебра і теорія чисел.

ЧЕПОК Ольга Олегівна – кандидат фізико-математичних наук, викладач кафедри вищої математики і статистики Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського».

Наукові інтереси: звичайні диференціальні рівняння, нелінійні диференціальні рівняння, математичний аналіз, математична логіка, педагогічні проблеми викладання математики у закладах вищої освіти та закладах загальної середньої освіти.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

KARNYTSKYI Andrii Ievgenych – teacher of mathematics and physics at the private secondary education institution «Alterra School».

Scientific interests: methodology of teaching mathematics in secondary education institutions, mathematical analysis, algebra and number theory.

CHEPOK Olga Olehivna – candidate of physical and mathematical sciences, teacher at the Department of Higher Mathematics and Statistics of the State Institution «South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky».

Scientific interests: ordinary differential equations, nonlinear differential equations, mathematical analysis, mathematical logic, pedagogical problems of teaching mathematics in higher education institutions and secondary education institutions.

Стаття надійшла до редакції 31.01.2025 р.

УДК 378.1:811.161.2
DOI: 10.36550/2415-7988-2025-1-217-225-229

МАРЦІН Віталій Володимирович –
викладач кафедри
Воєнної академії імені Євгенія Березняка
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-2520-535X
e-mail: martsinvitalii11@gmail.com

РОЗВИТОК КОГЕРЕНТНОСТІ ЯК СКЛАДОВОЇ АНГЛОМОВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ У ГОВОРІННІ СЛУХАЧІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Стаття присвячена актуальній проблемі розвитку когерентності як невід'ємної складової англомовної комунікативної компетентності у говорінні слухачів вищих навчальних закладів. В умовах стрімкої глобалізації та інтеграції України у світовий освітній та науковий простір володіння англійською мовою, зокрема здатність до ефективної комунікації, стає ключовим фактором успішної професійної діяльності випускників. Когерентність мовлення, що забезпечує логічність, зв'язність та