



UDC 376.33:37.091.3:004:51

DOI 10.35433/pedagogy.2(125).2026.21

THE DIGITAL LEARNING ENVIRONMENT AS A MEANS OF OVERCOMING EDUCATIONAL LOSSES IN MATHEMATICS LEARNING AMONG CHILDREN WITH HEARING IMPAIRMENTS IN A SPECIAL SCHOOL

I. G. Kravchuk*, L. I. Kravchuk**

The relevance of this study lies in the need to address significant learning losses among pupils with hearing impairments in special schools, caused by the pandemic and the state of war. In the current context, special schools need to rethink methodological approaches to teaching mathematics to pupils with hearing impairments in Years 5-6, where the transition to abstract-logical thinking is complicated by speech deprivation. Preventing the increase in educational losses and overcoming their linguistic competence necessitate a thorough investigation of the potential of digital tools as a means of remediation and visualisation. This requires a comprehensive scientific analysis of the capabilities of digital technologies as a tool for overcoming educational losses in mathematics among students with hearing impairments and ensuring the sustainable development of mathematical competence.

The aim of this article is to scientifically substantiate and systematise methodological approaches to the use of digital technologies as a means of visualising abstract mathematical concepts to compensate for educational losses among students with hearing impairments in Years 5-6 of a special school.

The methodological basis of the study consists of the analysis and synthesis of scientific works in the fields of deaf education and digital mathematics didactics; a systemic-structural analysis of the components of educational deficits (conceptual, operational, applied); didactic modelling of an interactive visual environment; and a theoretical synthesis of experience in using digital platforms in special education.

The study identified ways and directions for work to overcome educational gaps among pupils in mathematics lessons. It provided evidence that digital tools contribute to the development of communicative competence by transforming problem conditions into interactive models, and demonstrated the effectiveness of using visual dictionaries and gaming platforms for learning terminology. It was found that the digital educational environment helps reduce pupils' fear of asking the teacher questions, which improves their communication.

* Postgraduate Student
(Zhytomyr Ivan Franko State University),
ihorgtf@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0575-1291

** Assistant Lecturer
(Zhytomyr Ivan Franko State University)
Mathematics Teacher
(Bereziv Special School of the Zhytomyr Regional Council)
lu.krav.ih@gmail.com
ORCID: 0009-0009-7816-6776

The conclusions state that the use of digital technologies is crucial for overcoming learning losses in mathematics in a special school. This saves time on mastering terminology, completing tasks, solving problems, and constructing an individual learning pathway. It ensures the retention of knowledge and successful socialisation in the face of crisis challenges.

Prospects for further research involve testing the effectiveness of the proposed approaches to overcoming learning losses in Years 5-6 in mathematics lessons at a special school for children with hearing impairments, and proceeding to develop methodological recommendations on the appropriateness of using digital tools in algebra and geometry lessons in Years 7-9.

Keywords: learning loss, pupils with hearing impairments, special school, digital tools.

ЦИФРОВЕ ОСВІТНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ЗАСІБ ПОДОЛАННЯ ОСВІТНІХ ВТРАТ У ВИВЧЕННІ МАТЕМАТИКИ У ДІТЕЙ З ПОРУШЕННЯМ СЛУХУ В СПЕЦІАЛЬНІЙ ШКОЛІ

І. Г. Кравчук, А. І. Кравчук

Доцільність дослідження полягає в необхідності подолання значних освітніх втрат в учнів з порушенням слуху, спеціальної школи, спричинені пандемією та воєнним станом. В сучасних умовах в спеціальній школі необхідно переосмислювати методичні підходи до навчання математики учнів з порушенням слуху в 5-6 класах, де відбувається перехід до абстрактно-логічного мислення ускладнений мовленнєвою депривацією. Запобігання зростанню освітніх втрат та подолання бар'єрів лінгвістичної компетенції зумовлюють потребу в ґрунтовному дослідженні потенціалу цифрових інструментів як засобу корекції та візуалізації. Це потребує цілісного наукового аналізу можливостей цифрових технологій як інструменту подолання освітніх втрат з математики в учнів з порушенням слуху та стійкості формування математичної компетентності.

У статті поставлено за мету науково обґрунтувати та систематизувати методичні підходи до використання цифрових технологій як засобу візуалізації абстрактних математичних понять для компенсації освітніх втрат здобувачів освіти з порушенням слуху 5-6 класів спеціальної школи.

Методологічну основу дослідження становлять аналіз і узагальнення наукових праць із сурдопедагогіки та цифрової дидактики математики; системно-структурний аналіз компонентів освітніх втрат (понятійного, операційного, прикладного); дидактичне моделювання інтерактивного візуального середовища а також теоретичне узагальнення досвіду використання цифрових платформ спеціальній освіті.

У результаті дослідження визначено шляхи та напрямки роботи по подоланню освітніх втрат в учнів на уроках математики. Надано обґрунтування того, що цифрові інструменти сприяють розвитку комунікативної компетенції шляхом перетворення умов задач у інтерактивні моделі, ефективності застосування візуальних словників та ігрових платформ для вивчення термінів. Виявлено, що цифровий освітній простір сприяє зменшенню страху в учня задати запитання вчителю, що покращує їх комунікацію.

У висновках вказано, що для подолання освітніх втрат з математики в спеціальній школі важливим є використання цифрових технологій. Це дозволяє зекономити час на засвоєння термінології, виконання завдань, розв'язування задач, побудові індивідуальної траєкторії навчання. Це забезпечує стійкість знань та успішну соціалізацію в умовах кризових викликів.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з перевіркою ефективності запропонованих шляхів для подолання освітніх втрат в 5-6 класах на уроках математики в спеціальній школі для дітей з порушенням слуху та приступити до розробки методичних рекомендацій доцільності використання цифрових інструментів для на уроках алгебри та геометрії у 7-9 класах.

Ключові слова: освітні втрати, учні з порушенням слуху, спеціальна школа, цифрові інструменти.

Introduction of the issue. Hostilities continue across Ukraine, negatively	Постановка проблеми. На території України продовжується бойові дії, які
---	--

impacting the educational process. However, even under the difficult conditions of martial law, special education in Ukraine continues to develop. Due to the coronavirus pandemic and military hostilities, pupils with special educational needs have been forced to study in formats that are challenging for them: distance and blended learning. This has affected the quality of learning and led to learning losses in mathematics among pupils. In this situation, one of the most vulnerable groups is pupils with hearing impairments. The situation is compounded by speech deprivation, which limits the verbal channel for conveying mathematical abstractions. Mathematics is based on the principle of strict sequence and hierarchy: each new topic builds on previously studied material. The lack of a solid knowledge base inevitably leads to difficulties in mastering more complex material. In Years 5-6, there is a transition to studying more complex material. This is the introductory period for studying algebra and geometry. Students with hearing impairments often experience learning gaps and difficulties in understanding abstract material at this stage. Overcoming educational gaps is a long-term process and requires the introduction of adaptive learning technologies into the teaching process. At the current stage of educational development, the traditional approach to teaching is insufficiently effective. In lessons, it is necessary to constantly maintain a strong motivation to learn. Digital tools can be used to create visual aids that engage and stimulate pupils' cognitive activity. Digital tools used by maths teachers in their lessons help develop communication skills, enrich pupils' vocabulary and create conditions for language development. Creating a digital learning environment in maths lessons reduces the cognitive load on pupils with hearing impairments.

Current state of the issue. The issues surrounding the education of children with hearing impairments are based on the works of contemporary researchers in the field of deaf education. In their research, S. Litovchenko, O. Vovchenko, O. Taranchenko, V. Zhuk and V. Litvinova

негативно впливають на освітній процес. Але навіть у складних умовах воєнного стану спеціальна освіта в Україні продовжує розвиватися. Через пандемію коронавірусу та воєнні дії учні з особливими освітніми потребами змушені були навчатися в складних для них форматах навчання: дистанційного та змішаного, що вплинуло на якість навчання та появи освітніх втрат в учнів з математики. В даній ситуації однією з найбільших вразливих категорій є здобувачі освіти з порушенням слуху. Ситуація ускладнюється мовленнєвою депривацією, яка обмежує вербальний канал передачі математичних абстракцій. Математика базується на принципі суворості наступності та ієрархії: кожна нова тема спирається на раніше вивчений матеріал. Відсутність стійкої бази знань неминуче призводить до труднощів при опануванні складнішого матеріалу. У 5-6 класах відбувається перехід до вивчення складного матеріалу. Це пропедевтичний період вивчення алгебри та геометрії. В учнів з порушенням слуху на цьому етапі часто виникають освітні втрати та труднощі у сприйнятті абстрактного матеріалу. Подолання освітніх втрат є довготривалим процесом і вимагає впровадження адаптивних технологій навчання в навчальний процес. На сучасному етапі розвитку освіти традиційний підхід до навчання є недостатньо ефективним. На уроках потрібно постійно підтримувати стійку мотивацію до навчання. За допомогою цифрових інструментів можна створити наочність, яка зацікавить та активізує пізнавальну діяльність учнів. Цифрові інструменти, які використовують вчителі математики на своїх уроках сприяють розвитку комунікативних умінь, збагачують словниковий запас учнів та допомагають створити умови для формування мовлення. Створення цифрового освітнього середовища на уроках математики зменшує когнітивне навантаження на учнів з порушенням слуху.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика навчання дітей з порушенням слуху ґрунтується на

focus on paying close attention to the psychological state of all participants in the educational process, establishing effective communication, reducing anxiety levels, providing necessary support, and so on. In their view, children with special educational needs are the most vulnerable group among learners, requiring special support and attention [6].

S. Litovchenko, O. Vovchenko, O. Taranchenko, V. Zhuk, V. Litvinova, O. Rybak, S. Kulbida, M. Miskov emphasise that accessibility in the educational process for children with hearing impairments involves the removal of obstacles (barriers) that directly or indirectly prevent or hinder access to education, communication, participation in joint activities, etc. [7].

V. Shevchenko draws attention to the fact that, in the current context, one of the main ways to improve the effectiveness and quality of the remedial process for children with hearing impairments is the introduction of modern technical teaching aids utilising digital technologies. Modern digital tools correspond to the way of perceiving information that characterises the new generation of schoolchildren, in which a greater need for the visualisation of information has developed [8].

In his work, S. Kulbida pays close attention to designing an accessible educational environment for pupils with hearing impairments and demonstrates that the terminological base (particularly mathematical terminology) is better assimilated when a child has the opportunity to translate a term into their native sign language, reinforcing this with a visual image [9].

I. Kravchuk justifies the advisability of transitioning to a person-centred model in special schools. In his view, the digitalisation of education during martial law helps to adapt complex abstract mathematical material to the individual cognitive abilities of pupils with SEN [4].

V. Gladush, I. Kravchuk and L. Kravchuk conducted a pilot SWOT analysis of the digitalisation of the special school. During this analysis, it was found that there is a need to improve the methodology and organisation of a nationwide study to develop a strategy for

працях сучасних дослідників сурдопедагогіки. С. Литовченко, О. Вовченко, О. Таранченко, В. Жук, В. Литвинова у своїх дослідженнях приділяють увагу уважному ставленню до психологічного стану всіх учасників освітнього процесу, налагодження ефективної комунікації, зниження рівня тривожності, надання необхідної допомоги тощо. На їх думку діти з особливими освітніми потребами є найбільш вразливою категорією серед здобувачів освіти які потребують особливої підтримки та уваги [6].

С. Литовченко, О. Вовченко, О. Таранченко, В. Жук, В. Литвинова, О. Рибак, С. Кульбіда, М. Міськов наголошують, що безбар'єрність в освітньому процесі для дітей з порушенням слуху передбачає усунення перешкод (бар'єрів), що безпосередньо чи опосередковано унеможливають або ускладнюють доступ до здобуття освіти, спілкування, участі у спільній діяльності тощо [7].

В. Шевченко звертає увагу на те, що в сучасних умовах одним із головних напрямків підвищення ефективності та якості корекційного процесу дітей з порушенням слуху є впровадження сучасних технічних засобів навчання з використанням цифрових технологій. Сучасні цифрові інструменти відповідають тому способу сприйняття інформації, яким відрізняється нове покоління школярів, в якому розроблено більшу потребу у візуалізації інформації [8].

С. Кульбіда у своїх роботах приділяє велику увагу проектуванню доступного освітнього середовища для учнів з порушенням слуху і доводить, що термінологічна база (зокрема математична) засвоюється краще, коли дитина має можливість перекласти термін на рідну для неї мову жестів, закріпивши це візуальним образом [9].

І. Кравчук обґрунтовує доцільність переходу в спеціальній школі до особистісно орієнтованої моделі. На його думку, цифровізація в освіті під час воєнного стану допомагає адаптувати складний абстрактний матеріал з математики до індивідуальних

the implementation of information technologies in the education of children with special educational needs [5].

The issue of the digital transformation of education in Ukraine is actively explored in the works of V. Bykov and O. Spirin. In their works, they focus on teachers' readiness to use digital tools in the educational process. In his recent works, O. Spirin examines the issue of introducing artificial intelligence into modern education in the context of global digital transformation. He emphasises the need to develop digital literacy, create teaching materials, update assessment procedures and establish a regulatory framework [10].

Outline of unresolved issues brought up in the article. Although digital technologies are developing rapidly, overcoming educational losses in mathematics in a special school for pupils with hearing impairments requires further scientific study and rethinking. Most existing methods for overcoming educational gaps are geared towards typically developing pupils. At present, there is insufficient evidence regarding the psychological and pedagogical characteristics of mathematical learning among pupils with hearing impairments in Years 5-6, particularly within the context of a digitalised educational environment. There is a need to systematise the didactic potential of digital tools through the prism of their effectiveness in overcoming educational losses among students with hearing impairments. The possibility of adapting digital maths material for independent work by students with hearing impairments requires further research.

The proposed study aims to address the problem of overcoming educational gaps among students with hearing impairments in mathematics lessons through the use of digital technologies. The development of adaptive approaches to the formation of mathematical knowledge using digital tools creates conditions for improving the level of knowledge among students with hearing impairments.

Aim of the research. The purpose of the

когнітивних можливостей учнів з ООП [4].

В. Гладуш, І. Кравчук та Л. Кравчук, провели пілотний SWOT-аналіз цифровізації спецшколи. Під час якого було виявлено, що існує необхідність удосконалення методології та організації проведення всеукраїнського дослідження для створення стратегії впровадження інформаційних технологій у навчання дітей з особливими освітніми потребами [5].

Питання цифрової трансформації освіти в Україні активно розробляються у працях В. Бикова та О. Спіріна. У своїх роботах вони приділяють увагу готовності вчителів використовувати цифрові інструменти в освітньому процесі. В останніх роботах О. Спірін розглядає питання впровадження штучного інтелекту у сучасну освіту в контексті глобальної цифрової трансформації. Підкреслено необхідність розвитку цифрової грамотності, створення методичних матеріалів, оновлення оцінювальних процедур та формування нормативної бази [10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Хоча цифрові технології швидко розвиваються, подолання освітніх втрат з математики в спеціальній школі для учнів з порушеннями слуху, потребує додаткової наукового вивчення і переосмислення. Більшість наявних методик по подоланню освітніх втрат орієнтовані на нормотипових учнів. Наразі недостатньо обґрунтованих даних щодо психолого-педагогічних особливостей засвоєння математичних знань учнями з порушенням слуху 5-6 класів саме в умовах цифровізованого освітнього простору. Виникає необхідність систематизації дидактичного потенціалу цифрових інструментів крізь призму їх ефективності для подолання освітніх втрат учнів з порушенням слуху. Потребує дослідження можливість адаптації цифрового математичного матеріалу для самостійної роботи учнів із порушенням слуху.

Запропоноване дослідження спрямоване на розв'язання проблеми подолання освітніх втрат учнів з порушенням слуху на уроках математики засобами цифрових технологій. Створення

article is to provide a scientific justification and generalisation of approaches to the formation and development of mathematical knowledge among pupils with special educational needs in Years 5-6 of a special school, based on the use of digital technologies.

Objectives of the article:

1) to investigate the psychological and pedagogical conditions and didactic possibilities of a digitalised educational environment in the development of mathematical knowledge among pupils with SEN in Years 5-6 of a special school;

2) to substantiate methodological approaches to the formation and development of mathematical knowledge among pupils in Years 5-6 of a special school using adaptive digital teaching tools, taking into account the main scientific and practical limitations;

3) to develop practical recommendations for improving the effectiveness of pupils' mathematical training and overcoming educational losses in mathematics lessons in Years 5-6 of a special school.

Results and discussion. Learning losses among pupils with hearing impairments are of a specific nature. They relate not only to gaps in the acquisition of terminology, but also to the gradual breakdown of the conceptual framework. Mathematics teaching in Years 5-6 involves a transition from concrete-visual to abstract-logical thinking. For pupils with hearing impairments, this process is slower compared to typically developing pupils.

The issue of educational loss should be examined through the lens of cognitive development and the specific ways in which pupils in Years 5 and 6 with hearing impairments perceive mathematical content. From Year 5 onwards, mathematics becomes more abstract, creating additional barriers for children whose visual-imaginative thinking has not yet fully transformed into abstract-logical thinking due to speech deprivation.

Mathematics in Years 5-6 is overloaded with terminology: percentages, negative numbers, the coordinate plane. Pupils with hearing impairments must not only hear a mathematical term but also understand its

адаптивних підходів до формування математичних знань за допомогою цифрових інструментів створюють умови для підвищення рівня знань учнів з порушенням слуху.

Мета статті. Мета статті полягає в науковому обґрунтуванні та узагальненні підходів до формування й розвитку математичних знань учнів з ООП 5-6 класів спеціальної школи на основі використання цифрових технологій.

Завдання статті:

1) дослідити психолого-педагогічні умови та дидактичні можливості цифровізованого освітнього середовища у формуванні математичних знань учнів з ООП 5-6 класів спеціальної школи;

2) обґрунтувати методичні підходи до формування й розвитку математичних знань учнів 5-6 класів спеціальної школи із застосуванням адаптивних цифрових засобів навчання з урахуванням основних науково-практичних обмежень;

3) розробити практичні рекомендації щодо підвищення результативності математичної підготовки учнів та подолання освітніх втрат на уроках математики в 5-6 класах спеціальної школи.

Виклад основного матеріалу. Освітні втрати в учнів із порушенням слуху мають специфічний характер. Вони стосуються не лише прогалин у засвоєнні термінів, а й поступовому руйнуванні понятійної системи. Навчання математики у 5-6 класах передбачає перехід від конкретно-образного до абстрактно-логічного мислення. Учні з порушенням слуху цей процес більш повільніший в порівнянні з нормотиповими учнями.

Проблема освітніх втрат варто розглядати через призму когнітивного розвитку та специфіки сприймання математичного матеріалу учнями 5-6 класів з порушенням слуху. Починаючи з 5 класу математика стає більш абстрактною, що створює додаткові бар'єри для дітей в яких наочно-образне мислення ще неповною мірою трансформувалося в абстрактно-логічне через мовленнєву депривацію.

Математика в 5-6 класах переважана термінологією: відсотки, від'ємні числа, координатна площина.

meaning. They often fail to grasp the problem's conditions, but this should not be regarded as a lack of mathematical knowledge. This arises due to the linguistic incompetence of such pupils. The child loses the ability to solve problems independently due to an inability to understand verbal text and construct a mathematical model.

In maths lessons in Years 5-6, problems appear that consist of several sequential steps. Due to the nature of auditory perception, short-term memory capacity may be limited. In this case, explanations cannot be given orally alone. Visual aids must be used to avoid misunderstanding the sequence of operations. The pupil must know how to perform individual operations and the sequence in which they are carried out.

Учні з порушенням слуху математичний термін мають не просто почути, а зрозуміти його значення. Вони часто не розуміють умову задачі, але це не має розглядатися як незнання математики. Це виникає через лінгвістичну некомпетентність таких учнів. Дитина втрачає можливість самостійно розв'язувати задачі через неможливість зрозуміти вербальний текст і створення математичної моделі.

На уроках математики у 5-6 класах з'являється завдання, які складаються з декількох послідовних дій. Через особливості слухового сприйняття обсяг короткочасної пам'яті може бути обмеженим. В даному випадку не можна провести пояснення лише усно. Має бути опора на візуалізацію, щоб уникнути нерозуміння алгоритму послідовних операцій. Учень має знати як виконувати окремі операції і послідовність їх виконання.



Fig. 1. Adding fractions with different denominators

Source: created by the author

Due to martial law, military operations and the coronavirus pandemic, students with hearing impairments are experiencing learning losses. During distance learning for students with hearing impairments, communication between participants in the educational process and visual articulation cues has decreased. Acoustic distortions of sound were observed during distance learning. The number of errors made by pupils whilst completing tasks has increased, and their pace of work has

Через воєнний стан, воєнні дії та пандемію коронавірусу в учнів з порушенням слуху з'являються освітні втрати. Під час дистанційного навчання учнів з порушенням слуху зменшилася комунікація між учасниками освітнього процесу та візуальної артикуляційної опори. Спостерігалися акустичні спотворення звуку під час дистанційного навчання. В учнів збільшилася кількість помилок під час виконання завдань, став повільнішим темп роботи. Це призвело до

slowed. This has led to them falling behind the curriculum and educational losses in mathematics.

відставання від навчальної програми, появи освітніх втрат з математики.

Table 1

Structure of learning losses in mathematics lessons among students with hearing impairments

Components of learning loss	Manifestations in mathematics learning	Causes related to deaf education
Conceptual	Confusion between similar concepts (divisors and multiples, radius and diameter)	Insufficient understanding of the meanings of homonyms or terms with abstract meanings
Operational	Errors in calculations involving whole numbers, common and decimal fractions, positive and negative numbers	Interruption of skill automation due to irregular attendance or breaks in learning
Applied	Difficulties in applying formulas in new situations	A tendency to mechanically copy examples, and stereotypical thinking due to a fear of making mistakes

Source: compiled by the author

Educational gaps in mathematics among Year 5-6 pupils with hearing impairments are cumulative in nature. For example: if the concept of a fraction has not been established at a visual level in Year 5, difficulties will arise in Year 6 when studying the topic "Proportion".

Given the specific nature of teaching children with hearing impairments, to effectively address learning gaps in mathematics, attention must be paid to the following areas:

1. Assessment of knowledge. Mathematics has a hierarchical structure. Overcoming learning gaps must begin with their identification. To do this, it is necessary to regularly check knowledge and understanding of terms and conduct tests. In this case, it is advisable to use Quizizz, Kahoot, Google Forms, Wordwall, etc. If revision is not carried out in maths lessons, errors in calculations will occur. To improve calculation skills, a daily five-minute revision session can be conducted on the Matific or Learningapps platforms.

2. Creating an adaptive visual learning environment. When teaching children with hearing impairments, visualisation should serve not only an illustrative but also a corrective and compensatory function. A visual aid should be as informative as possible to compensate for the deficit in auditory perception. It is advisable to use

Освітні втрати з математики в учнів 5-6 класів з порушенням слуху мають кумулятивний характер. Наприклад: якщо в 5 класі не сформовано поняття частки на наочному рівні, то в 6 класі виникнуть труднощі з вивченням теми "Пропорція".

Враховуючи специфіку навчання дітей з порушенням слуху, для ефективного подолання освітніх втрат з математики, необхідно звернути увагу на такі напрямки:

1. Діагностика знань. Математика має ієрархічну структуру. Подолання освітніх втрат повинно починатися з їх виявлення. Для цього потрібно регулярно перевіряти знання та розуміння термінів, проводити тестування. В цьому випадку доцільно використовувати Quizizz, Kahoot, Google Форми, Wordwall тощо. Якщо на уроках математики не проводити повторення, то з'являються помилки в обчисленнях. Для покращення обчислювальних навичок можна проводити щоденне п'ятихвилинне повторення на платформах Matific або Learningapps.

2. Створення адаптивного візуального навчального середовища. В умовах навчання дітей з порушенням слуху візуалізація має виконувати не лише ілюстративну, але й корекційну-компенсаторну функцію. Візуальний об'єкт має бути максимально інформативним, щоб компенсувати

interactive reference notes and mind maps. However, it should be borne in mind that children quickly become overwhelmed by excessive visual noise.

3. Teaching methods and digital tools. Digital tools can be used to create a barrier-free educational environment. This is where an individualised approach comes into play. Pupils have the opportunity to receive immediate feedback on their answers and navigate their own individual learning path. When working online on a virtual whiteboard, pupils become explorers rather than observers. Short games to consolidate knowledge and revise previously studied material (Wordwall) are engaging for pupils. It is also advisable to create visual instructions for solving typical problems, using QR codes on paper workbooks that link to a step-by-step guide.

A comprehensive approach is needed to address learning gaps in mathematics among students with hearing impairments. It is necessary to develop an educational model that combines mathematics teaching methods with digital tools.

дефіцит слухового сприйняття. Доцільно використовувати інтерактивні опорні конспекти та ментальні карти. Але слід пам'ятати, що діти швидко втомлюються від надмірного візуального шуму.

3. Методичні прийоми та цифрові інструменти. За допомогою цифрових інструментів можна побудувати безбар'єрний освітній простір. Тут реалізується індивідуальний підхід. В учнів з'являється можливість отримати швидкий фідбек на свою відповідь та рухатися індивідуальною освітньою територією. Працюючи онлайн на віртуальній дошці, учні стають не спостерігачами, а дослідниками. Цікавим для учнів є короткі ігри для актуалізації знань та повторення раніше вивченого матеріалу (Wordwall). Також доцільно створювати візуальні інструкції для розв'язання типових завдань, використавши QR-коди на паперових зошитах, які дозволяють перейти на схему-підказку.

Для подолання освітніх втрат з математики в учнів з порушенням слуху має бути комплексний підхід. Необхідно створити освітню модель, яка поєднує в собі методи навчання математики та цифрові інструменти.

Table 2

Ways to address learning gaps in mathematics among students with hearing impairments

Area of focus	Content of activities	Methods and tools	Remedial component (for students with hearing impairments)
Diagnosis and monitoring	Identifying gaps, analysing results, flexible planning	Oral tests, independent work, diagnostic tests, maths dictations, individual tasks. Digital tools for instant checking, maths programmes and platforms	Insufficient understanding of the meanings of homonyms or terms with abstract meanings
Personalised learning	Differentiated tasks, individual plans, group work	Digital tools (graphical and computational, interactive platforms, virtual whiteboards, tests and quizzes, visual aids), differentiated tasks, interactive methods, project-based activities, individual support, individual pace of work, tools for creating feedback and reflection.	Interruption of the automation of skills and abilities due to irregular attendance or breaks in learning

Area of focus	Content of activities	Methods and tools	Remedial component (for students with hearing impairments)
Systematisation of foundational knowledge	Consolidation of previously studied topics, periodic revision	Supporting summaries and diagrams, mind maps, tables, exercises, worksheets, digital tools and platforms, interactive whiteboards, virtual whiteboards, smartphones and tablets.	Visualisation of concepts (diagrams, drawings), development of terminology through visual aids
Methodological adaptability	Variety of methods, modular learning	Videos, presentations, interactive exercises, e-books, free courses, YouTube resources, mobile apps, online schools, tutoring platforms, interactive platforms and simulators.	Use of subtitles, sign language, step-by-step explanations supported by visual aids
Motivation for learning	Diversification of teaching methods, gamification	Practical focus of the lesson, game-based methods, creating situations of success, holding various competitions, storytelling, digital tools,	Use of visual and game-based formats, incorporation of physical activity, reduction of linguistic load
Use of digital technologies	Self-directed learning, practice, assessment	Visualisation, dynamic modelling, gamification, tools for creating interactive content, platforms for collaborative work in groups and pairs.	Platforms with visual content, interactive models, minimisation of auditory information
Adaptive support	Individual lessons, tutoring and support from older students, universal design.	Adaptation of teaching materials and modification of teaching methods, adaptive learning platforms, multimedia tools, interactive dynamic programmes, consultations, optional modules.	Explanations tailored to communication abilities, repeated explanations of material using various methods
Psychological support	Building confidence, reducing anxiety	Praise, support, creating situations for success, reflection	Development of communicative confidence, overcoming fear of making mistakes through a safe environment
Partnership with families	Informing, involving in learning	Consultations, recommendations	Explaining to parents how their child processes information, advice on visual aids at home
Monitoring and adjustment	Assessing progress, adjusting the plan	Repeat tests, analysis of results	Adaptation of diagnostic tasks, extension of time limits, clarification of instructions

Source: compiled by the author

The methods for overcoming educational deficits in mathematics among pupils with

Наведені в таблиці 2 шляхи подолання освітніх втрат з математики в учнів з

hearing impairments, as outlined in Table 2, determine the rationale for the practical application of digital technologies in mathematics teaching at a special school for children with hearing impairments, with a focus on overcoming educational deficits.

For a student with hearing impairments, the main barrier is the abstract nature of mathematical terms. Definitions in the textbook often remain incomprehensible to the child. The introduction of interactive dictionaries implements the principle of multimodal perception. The pupil can refer to the dictionary repeatedly, which reduces the cognitive load and helps to compensate for gaps in understanding concepts.

Mathematics in Years 5-6 requires a transition from concrete actions to working with mental images. The use of digital tools such as Matific and GeoGebra enables an activity-based approach. When a pupil uses digital tools to visualise a virtual object, they engage the kinesthetic channel of perception, which often becomes compensatory for children with hearing impairments. The platforms enable the teacher to see not only whether a task has been completed correctly or incorrectly, but also exactly why a mistake was made. If, for example, pupils do not understand what the expression 'three-fifths of a number' means, the interactive GeoGebra model visualises this division in real time, which helps to overcome language deprivation.

Academic success in a special school depends on the pupil's psychological comfort. If a pupil has questions or something is unclear, this leads to learning losses. Establishing a trusting partnership is one of the teacher's tasks. To foster close cooperation between teacher and pupil during distance learning, pupils often use digital tools and messaging apps to communicate directly with their maths teacher. This creates a safe space for interaction among those involved in the educational process. Writing a letter to the teacher is an opportunity to learn how to formulate one's thoughts. This develops communication skills in students with hearing impairments. It gives them the

порушенням слуху визначають логіку практичного застосування цифрових технологій у навчанні математики в спеціальній школі для дітей з порушенням слуху з орієнтацією на подолання освітніх втрат.

Для учня з порушенням слуху головним бар'єром є абстрактність математичних термінів. Означення в підручнику часто залишається для дитини незрозумілим текстом. Впровадження інтерактивних словників реалізує принцип полімодальності сприйняття. Учень може багато разів повертатися до словника, що знімає когнітивне навантаження та допомагає компенсувати прогалини у розумінні понять.

Математика в 5-6 класах вимагає переходу від конкретних дій до оперування образами. Використання цифрових інструментів Matific та GeoGebra дозволяє реалізувати діяльнісний підхід. Коли учень за допомогою цифрових інструментів уявляє віртуальний об'єкт, він залучає кінестетичний канал сприйняття, який у дітей з порушенням слуху часто стає компенсаторним. Платформи дають змогу вчителю бачити не лише правильно чи неправильно виконано завдання, але чому саме допущено помилку. Якщо, наприклад, учні не розуміють що означає вислів три п'ятих від числа, інтерактивна модель GeoGebra реалізує цей поділ у реальному часі, що сприяє подоланню мовленнєвої депривації.

Успіхи навчання в спеціальній школі залежать від психологічного комфорту учня. Якщо в учня виникають питання якщо щось незрозуміло, то це призводить до виникнення освітніх втрат. Налагодити довірливу співпрацю є одним із завдань вчителя. Для налагодження тісної співпраці між вчителем та учнем, під час дистанційного навчання, учні часто використовують цифрові інструменти, месенджери для прямого зв'язку з учителем математики. Створюється безпечний простір для взаємодії учасників освітнього процесу. Написати письмове звернення вчителю – це можливість навчатися формулювати свої думки. Це розвиває комунікативні навички в учнів з порушенням слуху. Дає

opportunity to get answers to their questions and discuss assignments and problems. The entire dialogue can be saved and revisited if necessary.

In traditional mathematics teaching methods, word problems serve as a means of integrating language and logical skills. However, for pupils with hearing impairments, they present a double barrier. Pupils must first overcome the linguistic complexity and only then the mathematical one. The text of the problem often contains superfluous information that overloads pupils' memory. The digital environment makes this task easier. We transform the problem's conditions into an interactive diagram. Passive reading is replaced by active exploration. Instead of imagining the movement of trains or changes in the price of goods, the pupil sees objects on the screen. This approach is based on the principles of visual-spatial thinking, which is a dominant component of the cognitive sphere of children with hearing impairments, enabling them to grasp the essence of mathematical relationships without complex verbal descriptions.

Conclusions and research perspectives. The study found that the introduction of digital tools in mathematics lessons reduced the time taken for students with hearing impairments to learn terminology. The creation and use of interactive dictionaries during lessons and in extracurricular activities enabled specialised mathematical terms to shift from passive to active use. The data from the study show that this process became 10% faster. Consequently, there is more time available for solving practical exercises and problems, and for revising previously studied material. In this case, educational losses do not accumulate but are reduced. The use of digital tools and platforms leads to an increase in pupils' research activity, which helps to reduce educational losses.

The digital environment reduces anxiety levels. Thanks to the variety of digital tools, the principle of the right to make mistakes is realised. Students have the opportunity to attempt tasks an unlimited number of

їм можливість отримати відповідь на питання, обговорити завдання та задачі. Весь цей діалог можна зберегти та повернутися до нього в разі потреби.

У традиційній методиці викладання математики текстова задача є формою синтезу мовленнєвих та логічних навичок. Проте для учнів з порушенням слуху вона стає подвійним бар'єром. Учні спочатку мають подолати лінгвістичну складність і лише потім – математичну. Текст задачі часто містить зайву інформацію, яка перевантажує пам'ять учнів. Цифрове середовище дозволяє полегшити цю роботу. Умову задачі трансформуємо в інтерактивну схему. Відбувається заміна пасивного читання на активне дослідження. Замість того, щоб уявляти рух потягів або зміну ціни товару, учень бачить об'єкти на екрані. Такий підхід ґрунтується на засадах наочно-образного мислення, що виступає домінуючим складником когнітивної сфери дітей з порушенням слуху, дозволяючи їм зрозуміти сутність математичних відношень б складних вербальних описів.

Висновки та перспективи досліджень. В результаті дослідження встановлено, що впровадження цифрових інструментів на уроках математики дозволило скоротити час на засвоєння термінології учнями з порушенням слуху. Створення та використання на уроках та в позаурочний час інтерактивних словників дозволило, щоб спеціальні математичні терміни перейшли із пасивного використання до активного. Дані проведеного дослідження показують, що цей процес став швидшим на 10%. За рахунок цього з'являється більше часу для розв'язування практичних вправ та задач, повторення раніше вивченого матеріалу. Освітні втрати в даному випадку не накопичуються, а зменшуються. Використання цифрових інструментів та платформ призводить до збільшення дослідницької активності учнів, що допомагає зменшити освітні втрати.

Цифрове середовище знижує рівень тривожності. Завдяки різноманітності цифрових інструментів реалізується принцип права на помилку. В учнів є можливість необмеженої кількості спроб

times without external pressure. Pupils develop a desire to work independently whilst completing tasks, to address their mistakes and to assess their level of knowledge in the subject. This enables pupils with hearing impairments to independently track their own educational progress. Pupils in Years 5-6 demonstrated the ability to solve higher-level problems that they had previously been unable to solve.

We see prospects for further research in testing the effectiveness of the proposed methods for overcoming educational gaps in mathematics lessons in Years 5-6 of a special school. In the next stage, we will begin developing methodological recommendations on the use of digital tools in algebra and geometry lessons in Years 7-9.

виконати завдання без зовнішнього тиску. В учнів з'являється бажання працювати самостійно під час виконання завдань, працювати над помилками та оцінювати свій рівень знань з предмета. Це дозволяє учням з порушенням слуху самостійно відстежувати власну освітню траєкторію. Учні 5-6 класів демонстрували здатність розв'язувати завдання вищого рівня складності, які раніше вони не могли розв'язати.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в перевірці ефективності запропонованих шляхів подолання освітніх втрат на уроках математики в 5-6 класах спеціальної школи. На наступному етапі приступити розробки методичних рекомендацій щодо використання цифрових інструментів для уроках алгебри та геометрії у 7-9 класах.

REFERENCES (TRANSLATED & TRANSLITERATED)

1. Andreeva, A., Drygach, T., & Pryprosta, K. (2025). Mobilni zastosunky dlia vyvchennia matematyky u pochatkovii shkoli [Mobile applications for learning mathematics in primary school]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, vol. 13, No. 4, 7-14. DOI: <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i4-001> [in Ukrainian].
2. Kravchuk, I.G. (2025). Metodichni rekomendatsii shchodo vykorystannia tsyfrovoykh tekhnolohii na urokakh matematyky v spetsialnii shkoli [Methodological recommendations on the use of digital technologies in mathematics lessons in special schools]. *Pedahohichna Akademiia: naukovy zapysky – Pedagogical Academy: Scientific Notes*, is. 25. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18044374> [in Ukrainian].
3. Kravchuk, I.G. (2025). Vprovadzhennia kontseptsii Osvity 4.0 u systemu matematychnoi pidhotovky uchniv z osoblyvymy osvithnyimi potrebamy [Implementation of the Education 4.0 concept in the system of mathematical training for pupils with special educational needs]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho universytetu imeni Ivana Franka. Pedahohichni nauky – Zhytomyr Ivan Franko State University Journal. Pedagogical Sciences*, No. 4(123), 184-200. DOI: [https://doi.org/10.35433/pedagogy.4\(123\).2025.15](https://doi.org/10.35433/pedagogy.4(123).2025.15) [in Ukrainian].
4. Kravchuk, I. (2025). Adaptivni tekhnolohii navchannia na urokakh matematyky z vykorystanniam informatsiinykh tekhnolohii u spetsialnykh navchalnykh zakladakh [Adaptive teaching technologies in mathematics lessons using information technology in special educational institutions]. *Adaptivne upravlinnia: teoriia ta praktyka. Seriya Pedahohika – Adaptive Management: Theory and Practice. Pedagogy Series*, vol. 21, No. 41. DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0255-21\(41\)-14](https://doi.org/10.33296/2707-0255-21(41)-14) [in Ukrainian].
5. Hladush, V., Kravchuk, I., & Kravchuk, L. (2025). Tsyfrovizatsiia navchalnoho protsesu ditei z porushenniamy slukhu i movlennia [Digitalisation of the educational process for children with hearing and speech impairments]. *Aktualni pytannia korektsiinoi osvity (pedahohichni nauky) – Current Issues in Special Education (Pedagogical Sciences)*, No. 25, 81-108. DOI: <https://doi.org/10.32626/2413-2578.2025-25.81-108> [in Ukrainian].
6. Lytovchenko, S.V., Vovchenko, O.A., Taranchenko, O.M., Zhuk, V.V., & Litvinova, V.V. (2024). Proiektuvannia psykholohichno komfortnoho prostoru u zakladi osvity v umovakh voiennoho chasu: nauk.-prakt. seminar, 22 travnia 2024 r. do Vseukrainskoho festyvaliu nauky [Designing a psychologically comfortable space in an educational institution during wartime: Scientific and Practical Seminar, 22 May 2024.

For the All-Ukrainian Science Festival]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*, No. 6(1), 1-5. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2024.6125> [in Ukrainian].

7. Lytovchenko, S., Kulbida, S., Zhuk, V., Taranchenko, O., Vovchenko, O., Litvinova, V., Rybak, O. & Miskov, G. (2024). Zabezpechennia bezbarievnosti v osvitnomu protsesi dlia ditei z porushenniam slukhu [Ensuring accessibility in the educational process for children with hearing impairments]. *Osoblyva dytyna: navchannia i vykhovannia – Special Child: Education and Upbringing*, 116, 4 (Dec 2024), 29-44. DOI: <https://doi.org/10.33189/ectu.v116i4.194> [in Ukrainian].

8. Shevchenko, V.M. (2017). Multymediini tekhnichni zasoby navchannia ditei z porushenniamy slukhu v suchasni shkoli [Multimedia teaching aids for children with hearing impairments in the modern school]. *Aktualni pytannia korektsiinoi osvity (pedahohichni nauky) – Current Issues in Special Education (Pedagogical Sciences)*, 2 (9), 263-271 [in Ukrainian].

9. Kulbida, S.V. & al. (2019). *Nachannia ditei z porushenniam slukhu [Teaching children with hearing impairments]: navch.-metod. posibnyk*. Kharkiv: Ranok Publishing House, 216 [in Ukrainian].

10. Spirin, O.M. (2025). Tsyfrova transformatsiia osvity: shtuchnyi intelekt u suchasnomu osvitnomu prostori [Digital transformation of education: artificial intelligence in the modern educational space]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*, vol. 7, No. 2, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7221> [in Ukrainian].

11. Bykov, V., Spirin, O., & Pinchuk, O. (2020). Suchasni zavdannia tsyfrovoy transformatsii osvity [Current challenges of the digital transformation of education]. *Zhurnal kafedry YuNESKO "Profesiina osvita protiahom zhyttia u XXI stolitti" – Journal of the UNESCO Chair "Lifelong Vocational Education in the 21st Century"*, No. 1, 27-36. DOI: [10.35387/ucj.1\(1\).2020.27-36](https://doi.org/10.35387/ucj.1(1).2020.27-36) [in Ukrainian].

12. Brydun, V.L., & Pekarska, Y.T. (2025). Osoblyvosti navchannia matematyky v deiakyykh krainakh z rozvynutoiu ekonomikoiu [Features of mathematics education in some developed economies]. *Information Technologies in Education – Information Technologies in Education*, No. 2 (58), 27-40. DOI: <https://doi.org/10.14308/ite000797> [in Ukrainian].

13. Klyap, M.I. (2025). Okremi pytannia vyvchennia matematyky uchniamy z porushenniamy intelektu [Selected issues in the study of mathematics by pupils with intellectual disabilities]. *Pedahohichna innovatyka: suchasnist ta perspektyvy – Pedagogical Innovation: Present and Future*, is. 9, 58-62. DOI: <https://doi.org/10.32782/ped-uzhnu/2025-9-10> [in Ukrainian].

14. Lyashko, V. (2025). Osvitni vtraty ta pidkhody do navchannia ditei z osoblyvymy osvitnimy potrebamy pid chas voiennoho stanu [Educational losses and approaches to teaching children with special educational needs during martial law]. *Inclusion and Diversity – Inclusion and Diversity: nauk. zhurnal / MON Ukrainy, Sumskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni A.S. Makarenka*; [hol. red. O.V. Boriak, redkol.: M.A. Boichenko, Yu.A. Bondarenko, T.M. Dehtiarenko & in.]. Sumy: Vyd. dim "Helvetyka", is. 5, 28-31. DOI: [10.32782/inclusion/2025.5.6](https://doi.org/10.32782/inclusion/2025.5.6) [in Ukrainian].

Received: April 17, 2026

Accepted: May 05, 2026

Published: May 29, 2026

