



” Семенець С., Семенець Л. Психолого-педагогічні умови та методика розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти в навчанні математики. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2025. Том 13, № 8. С. 146-152. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i8-019>.

Semenets S., Semenets L. Psyholoho-pedahohichni umovy ta metodyka rozvytku strukturno-matematichnoho myslennia zdobuvachiv osvity v navchanni matematyky [Psychological and pedagogical conditions and methodology for developing the structural-mathematical thinking of students in mathematics education]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2025. Vol. 13, No 8. S. 146-152. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i8-019>.

УДК 378.147:51

DOI: 10.31110/2616-650X-vol13i8-019

**Сергій СЕМЕНЕЦЬ**

Державний університет «Житомирська політехніка», Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-2733-0539>  
sergij.semenetss@gmail.com

**Лариса СЕМЕНЕЦЬ**

Державний університет «Житомирська політехніка», Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-2957-0504>  
larisaseenets08@gmail.com

## ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА РОЗВИТКУ СТРУКТУРНО-МАТЕМАТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ В НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ

**Анотація.** У роботі висвітлюються психолого-педагогічні умови, розробляється методика розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти в навчанні математики. З огляду на зміст і складники такого мислення, його місце та роль у структурі математичної компетентності обґрунтовано обставини та висвітлено методику розвитку досліджуваного феномену. Концептуальною ідеєю дослідження послужило положення про те, що розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти досягається завдяки актуалізації зовнішніх проявів математичної компетентності (змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного вимірів) у навчально-математичній діяльності – процес інтеріоризації. До психолого-педагогічних умов розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти віднесено організацію їхньої навчально-математичної діяльності відповідно до третього типу навчання та основних положень теорії поетапного формування розумових дій і прийомів розумової діяльності, сформованість основних показників кожного з шести вимірів математичної компетентності, створення зон найближчого математичного розвитку здобувачів освіти, задачний підхід і особистісну позицію педагога. Обґрунтовано, що розвиток названого типу мислення передбачає розроблення інноваційного типу навчання математики – розвивально-осмислювального, було з'ясовано, що його етапність забезпечує встановлення змісту і структури основних компонентів навчально-математичної діяльності: задача – розв'язання задачі – розв'язання типових задач – логічне сходження від абстрактного до конкретного (розв'язування часткових задач) – компетентнісна задача – розв'язання компетентнісної задачі. Установлено, що реалізація освітньої технології здійснюється в умовах евристичної бесіди, дидактично виваженого поєднання репродуктивного та дослідницького методів навчання, а також доцільного використання засобів динамічної математики.

**Ключові слова:** структурно-математичне мислення здобувачів освіти; математична компетентність; психолого-педагогічні умови розвитку; інноваційний тип навчання математики; методика розвитку.

**Sergii SEMENETS**

Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-2733-0539>  
sergij.semenetss@gmail.com

**Larysa SEMENETS**

Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-2957-0504>  
larisaseenets08@gmail.com

## PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS AND METHODOLOGY FOR DEVELOPING THE STRUCTURAL-MATHEMATICAL THINKING OF STUDENTS IN MATHEMATICS EDUCATION

**Abstract.** The paper highlights the psychological and pedagogical conditions while advancing a methodology for cultivating students' structural-mathematical thinking within the domain of Mathematics education. By examining the content and components of such thinking, alongside its significance and role within the framework of mathematical competence, the rationale is substantiated, and the methodology for developing the studied phenomenon is elaborated. The conceptual foundation of the research was predicated on the assertion that the development of students' structural-mathematical thinking is achieved through the actualization of the external manifestations of mathematical competence (content-theoretical, process-activity, referential-communicative dimensions) in educational-mathematical activities – the process of interiorization. The psychological and pedagogical conditions necessary for the development of students' structural-mathematical thinking include organizing their educational and mathematical activities in alignment with the third type of learning, as well as adhering to the fundamental principles of the theory regarding the gradual formation of mental actions and methodologies of cognitive activity. This includes cultivating the primary indicators of each of the six dimensions of mathematical competence, establishing zones for the students' nearest mathematical development, implementing a problem-based approach, and the teacher's personal stance. It was

substantiated that the development of the above mentioned type of thinking involves the development of an innovative type of mathematics education, namely the developmental and reflective, and it was found out that its phased approach ensures the establishment of the content and structure of the main components of mathematical educational activity: problem – solving the problem – solving typical problems – logical progression from the abstract to the concrete (solving partial problems) – competency-based problem – solving the competency-based problem. Furthermore, it was determined that the execution of this educational technology is carried out within the context of heuristic conversation, a didactically balanced combination of reproductive and exploratory teaching methods, as well as the expedient application of the tools pertaining to dynamic Mathematics.

**Keywords:** students' structural-mathematical thinking; mathematical competence; psychological and pedagogical conditions of development; innovative type of Mathematics education; development methodology.

**Постановка проблеми.** Розвиток учення про дуальну природу математичної компетентності, розроблення декартової реалізації її внутрішнього прояву зумовлюють потребу подальшого вивчення іманентного атрибуту особистісно-психологічного виміру математичної компетентності здобувачів освіти – структурно-математичного мислення. Відтак представлено дослідження виконується в розрізі компетентнісного підходу та слугує вирішенню низки протиріччя у чинній системі математичної освіти між:

- прийнятою концепцією «Нова українська школа» та недостатньою розробленістю змістового, процесуального, контрольо-оцінного компонентів методичної системи компетентнісно орієнтованого навчання математики;
- розвиненою теорією компетентнісної математичної освіти та професійною неготовністю викладачів і вчителів математики до її практичного впровадження;
- загально визнаною розвивальною функцією навчання математики та браком відповідних технологій і методик навчання, недостатньою визначеністю психолого-педагогічних умов їх впровадження;
- значним збільшенням кількості годин на самопідготовку здобувачів освіти та їхньою фактичною неготовністю до самонавчання математики.

На нашу думку, окрім зазначених, існує глибоке внутрішнє протиріччя між змістом навчальної дисципліни та її навчанням: з одного боку, дедуктивним змістом математики, абстрактними математичними структурами, методами математичного дослідження, які формують теоретичні узагальнення та розвивають структурно-математичне мислення здобувачів освіти, а з іншого – дотепер прийнятою логікою навчального пізнання, його асоціативно-рефлекторною теорією та усталеною методикою навчання математики, що передбачають домінування емпіричних узагальнень і применшення ролі структурно-математичного мислення як одного із різновидів науково-теоретичного відображення дійсності.

До проблемного поля дослідження відносимо психолого-педагогічні умови та методику розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти в навчанні математики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розвитку окремих різновидів мислення здобувачів освіти студіюються в сучасних психолого-педагогічних дослідженнях. Їх змістовий аналіз дозволяє дійти висновку, що вагому роль у розвитку мислення здобувачів освіти відіграє навчання математики. Так особні наукові праці присвячуються:

- розвитку креативного мислення здобувачів освіти в навчанні елементарної математики (на прикладі онлайн-курсу) [1];
- розвитку математичного логічного мислення студентів сільськогосподарських районів [2];
- розвитку логічного мислення старшокласників в умовах реалізації проблемного підходу до навчання математики [4];
- творчим математичним міркуванням майбутніх учителів у розв'язуванні задач на основі можливостей оперативної пам'яті [6];
- впливу змісту математики на стійкий розвиток мислення молодого покоління [7];
- феномену кліпового мислення в умовах навчально-пізнавальної діяльності учнів фізико-математичного профілю освіти [8].

У нашому попередньому дослідженні структурно-математичне мислення вивчалось в розрізі дуальної природи математичної компетентності, як засадничий компонент особистісно-психологічного виміру здобувачів освіти. Наукові напрацювання стосувалися змісту, структури, типологічних характеристик структурно-математичного мислення, а також його перебігу в навчанні математики [9].

**Мета дослідження** – з'ясувати психолого-педагогічні умови та розробити методику розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти в навчанні математики.

**Методи дослідження.** Для досягнення мети в роботі застосовано такі методи наукового пізнання: теоретичний і системний аналіз (у виокремленні концептуальної ідеї, в розкритті змісту психолого-педагогічних умов, у висвітленні складових методичної системи навчання математики), абстрагування і моделювання (при розробленні моделі інноваційного типу навчання математики),

ранжування (при визначенні етапності розвивально-осмислюваного типу навчання математики), змістового узагальнення (у формулюванні висновків).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розкриття теоретичних засад порушеної в дослідженні проблеми передбачає встановлення його концептуальної ідеї. Такою ідеєю слугує положення про те, що розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти досягається завдяки актуалізації зовнішніх проявів математичної компетентності (змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного вимірів) у навчально-математичній діяльності. Рушієм тут виступає процес інтеріоризації, як одне із ключових понять педагогічної психології, задля забезпечення якого в навчанні математики мають дотримуватися низка обставин.

По-перше, до психолого-педагогічних передумов розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти відносимо організацію їхньої навчально-математичної діяльності відповідно до третього типу навчання. У психологічній теорії формування операційної основи дій виокремлено три типи навчання:

- 1) навчання за зразком, без наданих вказівок як потрібно виконувати ту чи іншу дію;
- 2) навчання за готовим алгоритмом, коли даються всі вказівки стосовно виконання завдання;
- 3) навчання за поглибленого змістового аналізу, результатом якого є знаходження способу дій,

складання алгоритму розв'язування типових задач [12, с. 60].

Насправді навчання згідно з третім типом формування розумових дій, з одного боку, представляється як процес навчальної діяльності, а з іншого – актуалізує структурно-математичне мислення (його різновиди), оскільки передбачає виконання змістово-теоретичних дій – аналіз, абстрагування, узагальнення, планування та рефлексія. Саме відмова від готового алгоритму та вказаного зразку, активізація суб'єктної розумової діяльності в процесі математичного пізнання слугують тими чинниками, що забезпечують розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти.

По-друге, до психолого-педагогічних умов відносимо організацію навчання математики відповідно до основних положень теорії поетапного формування розумових дій і прийомів розумової діяльності. У цьому сенсі розвиток структурно-математичного мислення пов'язується з научінням – інтегральною характеристикою якості особистості, що відображає її здатність до засвоєння навчально-математичної діяльності. Згідно з цією теорією розвиток структурно-математичного мислення передбачає опанування орієнтирів діяльності й способів розумових дій із метою їх планування та провадження. Навчання провадиться за такою етапністю:

- 1) створення мотивації (інтересу до процесу пізнавальної діяльності);

2) виділення схеми орієнтовної основи дій (відшукання послідовності виконавських та контрольних операцій, що входять до складу дії);

3) формування дії в матеріальній або матеріалізованій формі (графічне перетворення об'єктів, у яких структурні компоненти представлені в знако-символьній формі);

4) мовлення без опори на матеріалізовані засоби (усі операції, які входять в дію, засвоюються в мовній формі);

- 5) формування дії у внутрішній мові (подумки), що слугує переходу дії в розумовий план;

6) перехід дії у внутрішню мову, а внутрішньої мови – у думку (дія набуває автоматичного перебігу) [11, с. 20].

Тут зауважимо, що структурно-математичне мислення, як складне особистісно-психологічне утворення, неможливо передати в готовому вигляді, воно формується та розвивається в ході розумової навчально-математичної діяльності суб'єкта.

По-третє, місце структурно-математичного мислення в складному системному утворенні, яким є математична компетентність, зумовлює віднесення до психолого-педагогічних умов його розвитку сформованість основних показників кожного з шести вимірів [10]:

– у ціннісно-мотиваційному вимірі математичної компетентності – сформовані потреби математичної діяльності;

– у рефлексивно-оцінному вимірі – сформована дія виконувати самоаналіз математичної діяльності;

– у особистісно-психологічному вимірі математичної компетентності – достатньо розвинена пам'ять на математичний матеріал;

- у змістово-теоретичному вимірі – сформовані основні математичні поняття (відношення);

– у процесуально-діяльному вимірі математичної компетентності – логіко-математичних операцій;

- у референтно-комунікативному вимірі – достатньо розвинене усне математичне мовлення.

По-четверте, розвиток структурно-математичного мислення передбачає встановлення зон актуального математичного розвитку здобувачів освіти та створення зон їхнього найближчого математичного розвитку. Зона актуального математичного розвитку здобувачів освіти визначається

самостійними навчальними досягнення з математики. Зона найближчого математичного розвитку – це така складова навчання математики, в якій, по-перше, за результатами спільної діяльності встановлюється міра самостійності здобувача освіти в оволодінні способом дій у процесі розв'язування нового типу задач, по-друге, організовується доцільна колективна (колективно розподілена) навчально-математична діяльність задля опанування новими знаннями та вміннями, по-третє, феноменологічною характеристикою такого навчання є інтеріоризація, за результатами якої певний тип задач здобувачем освіти розв'язується самостійно, а його індивідуально-психологічні якості мають вищий рівень розвитку. Відповідно до задачної системи навчально-математичної діяльності здобувачів освіти виокремлено чотири зони найближчого математичного розвитку: базова, навчальна, навчально-теоретична і навчально-дослідницька [10].

По-п'яте, в дослідженні запроваджується задачний підхід до розвитку структурно-математичного мислення. Він передбачає сукупність способів планування, організації, розвитку та діагностики навчально-математичної діяльності здобувачів освіти, націленої на розвиток феноменологічних характеристик (змістово-теоретичних дій) і різновидів структурно-математичного мислення. Такий підхід реалізовує систему задач.

Типологія задач із математики, в основі якої метод математичного моделювання (застосовний чи незастосовний), подана на рисунку 1.

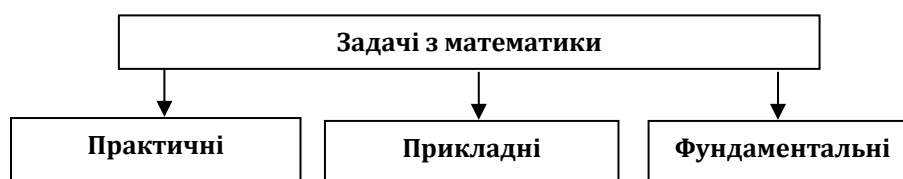


Рис. 1. Типологія задач із математики

Окрім цього в дослідженні послуговуємося загально визнаною класифікаційною основою задач – змістом їх вимоги. Отож розрізняємо математичні задачі на обчислення, на побудову, на доведення та задачі на дослідження.

Осібно виокремлюємо компетентнісні задачі з математики. Вважаємо, що компетентнісна задача з математики – це різновид рефлексивних задач, у процесі й за результатами розв'язування якої встановлюються зони актуального та найближчого математичного розвитку особистості, відбуваються якісні зміни суб'єкта навчально-математичної діяльності, віддзеркалені у внутрішніх і зовнішніх вимірах його математичної компетентності [10].

По-шосте, до психолого-педагогічних передумов розвитку структурно-математичного мислення відносимо особистісну позицію педагога. Український психолог О.К. Дусавицький особистісну позицію педагога називає „суперпозицією в педагогічній діяльності”, оскільки головною її метою є виховання особистості. Така позиція передбачає встановлення не тільки суб'єкт-суб'єктних, але й міжособистісних відносин; вихід за межі навчальної діяльності та застосування інших, ніж у навчальній діяльності засобів спілкування (ідентифікації, емпатії) [3, с. 39]. Основою особистісної позиції слугує система цінностей педагога: повага та важливість розуміння здобувача освіти, здібність до особистісного вибору та здатність до особистісної відповідальності, значущість забезпечення радості учіння як творчого процесу.

Від того, яку особистісну позицію займає педагог, залежить який із двох типів педагогічної діяльності він провадить. Перший тип діяльності передбачає повідомлення, розповідь (ретрансляцію) і монолог, така діяльність орієнтує на відтворення заданого зразка чи готового алгоритму. Інший тип – реалізується через педагогічне спілкування, співробітництво й діалог, власне в такий спосіб актуалізується мисленева діяльність. Саме за другої системи педагогічних дій і діяльності-співробітництва, завдяки особистісній позиції та прийнятій системі цінностей педагога насправді створюються умови для розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти.

Окреслені психолого-педагогічні умови слугують основою для створення інноваційного типу навчання математики – розвивально-осмислювального, що активізує складники теоретичного мислення та забезпечує розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти.

Розвивально-осмислювальне навчання математики передбачає таку етапність:

I крок. Формулювання задачі ↔ встановлення структури задачі ↔ визначення типу задачі.

II крок. Розв'язування задачі ↔ встановлення структури розв'язання задачі ↔ визначення структури розв'язання типових задач.

III крок. Реалізація логіки сходження від абстрактного до конкретного: розв'язування часткових задач.

IV крок. Формулювання компетентнісної задачі ↔ встановлення структури компетентнісної задачі ↔ визначення типу компетентнісної задачі.

V крок. Розв'язування компетентнісної задачі ↔ встановлення структури розв'язання компетентнісної задачі ↔ визначення зон актуального та найближчого математичного розвитку.

Компетентнісна задача з математики передбачає відповіді на такі питання:

- 1) як саме потрібно діяти при вирішенні типових задач із математики?
- 2) чому потрібно діяти саме так?
- 3) для чого потрібно вирішувати такі задачі?
- 4) що саме потрібно знати і вміти, якими особистісними якостями володіти, щоб розв'язувати задачі?
- 5) наскільки готові розв'язувати такі задачі (знання, вміння, особистісні якості)?
- 6) що саме потрібно покращити (знання, вміння, особистісні якості) та який подальший зміст навчання математики?

Реалізація окресленої технології забезпечується в умовах евристичної бесіди, репродуктивного та дослідницького методів навчання, а також дидактично виваженого використання засобів динамічної математики. Продумано побудована евристична бесіда забезпечує актуалізацію структурно-математичного мислення в ході формулювання та розв'язування задач на обчислення й доведення, на побудову й дослідження. Вона може бути використана як за колективних (колективно розподілених), так і індивідуальних форм навчальної роботи. Тут надважливою є професійна майстерність педагога організувати евристичну бесіду, що виявляється в його педагогічних і математичних здібностях, у врахуванні рівня підготовки здобувачів освіти (зон їхнього актуального розвитку), доцільній послідовності запитань, прогнозуванні можливих відповідей, у цілій системі підказок, вдалому ілюстративному матеріалі. До професійної майстерності відносимо варіативність у плануванні та реалізації методу навчання: чим більше можливих сценаріїв організації евристичної бесіди, тим майстернішим є педагог.

Ознакою репродуктивного методу навчання є відтворення здобутих знань і сформованих способів дій за наперед визначеним алгоритмом (навчальною моделлю). Методична доцільність використання цього методу на третьому кроці розвивально-осмислювального навчання математики, на якому згідно з діяльнісним підходом створюються умови для дворівневих структурно-функціональних трансформацій: на першому рівні – логіко-математичні операції ~ логіко-математичні дії, а на другому – логіко-математичні навички ~ логіко-математичні вміння.

Головною методичною вимогою до використання дослідницького методу навчання є попереднє встановлення зон актуального математичного розвитку здобувачів освіти та створення зон їхнього найближчого математичного розвитку. Важливо визначити рівень складності, міру новизни та ступінь змістово-теоретичного узагальнення задач, з якими здобувачі освіти спроможні впоратися самостійно. Якщо розв'язування дослідницької задачі здійснюється в зоні найближчого математичного розвитку, то розвивально-осмислювальне навчання математики є формою розвитку структурно-математичного мислення. До методичних вимог відносимо наявність системи евристичних та алгоритмічних приписів (правил-орієнтирів), які забезпечують самостійність розв'язування задачі на дослідження, а також доцільність використання засобів динамічної математики, приміром, програми «GeoGebra», що може відігравати евристичну роль і створювати підґрунтя для ага-переживань у ході дослідження.

GeoGebra – програмне забезпечення, що надає можливість створення динамічних («живих») креслень для використання на різних рівнях навчання математики (алгебри, геометрії, математичного аналізу). Програма використовується в ході реалізації другого і третього кроків розвивально-осмислювального навчання математики: встановлення структури розв'язання задач та в процесі розв'язування часткових задач. Її перевагою є можливість покрокової побудови фігур, ілюстрації динаміки властивостей графіків. Можливість анімовано змінювати координати точок дозволяє фігурі нібито «ожити» на моніторі, змінити її зображення. GeoGebra вільно поширювана, має багатий математичний інструментарій, дозволяє створювати динамічні креслення, геометричні моделі, надає широкі можливості для роботи з функціями та анімаційного представлення комп'ютерних моделей. У сучасному освітньому просторі популярною є версія GeoGebra 5.0 [5].

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Підсумовуючи, формулюємо такі висновки:

1. До концептуальної ідеї дослідження віднесено положення про те, що розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти передбачає актуалізацію зовнішніх проявів математичної компетентності (змістово-теоретичного, процесуально-діяльного, референтно-комунікативного вимірів) у навчально-математичній діяльності. Його рушієм виступає процес інтеріоризації, як одне із ключових понять педагогічної психології, задля забезпечення якого в навчанні математики мають дотримуватися низка обставин.

2. До психолого-педагогічних передумов розвитку структурно-математичного мислення здобувачів освіти віднесено організацію їхньої навчально-математичної діяльності відповідно до третього типу навчання та основних положень теорії поетапного формування розумових дій і прийомів

розумової діяльності, сформованість основних показників кожного з шести вимірів математичної компетентності, створення зон найближчого математичного розвитку, задачний підхід і особистісну позицію педагога.

3. Розвиток структурно-математичного мислення здобувачів освіти передбачає розроблення інноваційного типу навчання математики – розвивально-осмислювального. Етапність розвивально-осмислювального навчання забезпечує встановлення структури складників і визначає перебіг навчально-математичної діяльності: задача – розв’язання задачі – розв’язання типових задач – логічне сходження від абстрактного до конкретного (розв’язування часткових задач) – компетентнісна задача – розв’язання компетентнісної задачі.

4. Реалізація створеної освітньої технології забезпечується в умовах евристичної бесіди, дидактично виваженого поєднання репродуктивного та дослідницького методів навчання, а також доцільного використання засобів динамічної математики (програми «GeoGebra»).

Розробці діагностичного інструментарію та виявленню структурно-математичного мислення здобувачів освіти, експериментальній перевірці ефективності методики його розвитку будуть присвячені подальші дослідження.

**Конфлікт інтересів.** Автори підтверджують відсутність фінансових, особистих чи інших інтересів, що можуть розглядатися як потенційний конфлікт інтересів щодо публікації цієї статті.

**Фінансування.** Робота виконана за відсутності фінансової підтримки з боку будь-яких організацій.

**Доступність даних.** Це теоретичне дослідження не передбачає використання додаткових наборів даних.

**Використання штучного інтелекту.** Інструменти штучного інтелекту не використовувались при написанні цієї роботи.

#### Список використаних джерел

1. Achkan V. V., Vlasenko K. V., Chumak O. O., Sitak I. V., Kovalenko D. A. Model of learning the online course “Creative Thinking through Learning Elementary Maths”. XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012020. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012020>
2. Garcia Quintero C. L., Durán Chinchilla C. M. Level of development of mathematical logical thinking in the students of the agricultural areas of the Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. III International Meeting of Mathematical Education. Journal of Physics: Conference Series 1408 (2019) 012013. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1408/1/012013>
3. Дусавицький А. К., Погребняк О. Н. Педагогічна діяльність у освіті, що розвиває. Сходження до особистості: навч. посібник. Харків : Вид. Центр Харківського національного університету ім. В.М. Каразіна, 2006. 200 с.
4. Lovianova I. V., Kaluhin R. Yu., Kovalenko D. A., Rovenska O. G., Krasnoshchok A. V. Development of logical thinking of high school students through a problem-based approach to teaching mathematics. XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012021. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012021>
5. Офіційний сайт програми GeoGebra. URL: <https://www.geogebra.org/calculator>
6. Palengka I., Juniati D. Creative Abadi Mathematical Reasoning of Prospective Teachers in Solving Problems Reviewed Based on Working Memory Capacity. Mathematics, Informatics, Science and Education International Conference (MISEIC). Journal of Physics: Conference Series 1417 (2019) 012055. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1417/1/012055>
7. Santiago Carrillo M. C., Vergel Ortega M., Rojas Suarez J. P. Mathematics, resilience and development of thinking of youth. III International Meeting of Mathematical Education. Journal of Physics: Conference Series 1408 (2019) 012012. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1408/1/012012>
8. Shestopalova P., Goncharova T. Yu. The phenomenon of “clip thinking” in the educational and cognitive activities of students of natural and physical-mathematical educational profile. XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012036. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012036>
9. Семенець С., Семенець Л. Особистісно-психологічний вимір математичної компетентності здобувачів освіти: структурно-математичне мислення. Освіта. Інноватика. Практика, 2025. Том 13, №4. С. 68-73. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i4-009>
10. Semenets S., Semenets L. Innovative technologies in mathematics education. Modern science: prospects, innovations and technologies: Scientific monograph. Part 2. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024. P. 323-377.
11. Слєпкань З. Психолого-педагогічні та методичні основи розвивального навчання математики. Тернопіль: Підручники і посібники, 2004. 240 с.
12. Токарева Н. М. Основи педагогічної психології: навчально-методичний посібник. Кривий Ріг, 2013. 223 с. <https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1758/1/%D0%BF%D0%B5%D0%B4.%D0%BF%D1%81.pdf>

## References

1. Achkan V. V., Vlasenko K. V., Chumak O. O., Sitak I. V., Kovalenko D. A. Model of learning the online course "Creative Thinking through Learning Elementary Maths". XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012020. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012020>
2. Garcia Quintero C. L., Durán Chinchilla C. M. Level of development of mathematical logical thinking in the students of the agricultural areas of the Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia. III International Meeting of Mathematical Education. Journal of Physics: Conference Series 1408 (2019) 012013. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1408/1/012013>
3. Dusavytskyi A. K., Pohrebniak O. N. Pedahohichna diialnist u osviti, shcho rozvyvaie. Skhodzhennia do osobystosti: navch. posibnyk. Kharkiv : Vyd. Tsentru Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V.M. Karazina, 2006. 200 s. (in Ukrainian).
4. Lovianova I. V., Kaluhin R. Yu., Kovalenko D. A., Rovenska O. G., Krasnoshchok A. V. Development of logical thinking of high school students through a problem-based approach to teaching mathematics. XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012021. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012021>
5. Ofitsiinyi sait prohramy GeoGebra. URL : <https://www.geogebra.org/calculator>
6. Palengka I., Juniati D. Creative Abadi Mathematical Reasoning of Prospective Teachers in Solving Problems Reviewed Based on Working Memory Capacity. Mathematics, Informatics, Science and Education International Conference (MISEIC). Journal of Physics: Conference Series 1417 (2019) 012055. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1417/1/012055>
7. Santiago Carrillo M. C., Vergel Ortega M., Rojas Suarez J. P. Mathematics, resilience and development of thinking of youth. III International Meeting of Mathematical Education. Journal of Physics: Conference Series 1408 (2019) 012012. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1408/1/012012>
8. Shestopalova P., Goncharova T. Yu. The phenomenon of "clip thinking" in the educational and cognitive activities of students of natural and physical-mathematical educational profile. XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education. Journal of Physics: Conference Series 2288 (2022) 012036. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2288/1/012036>
9. Semenets S., Semenets L. Osobystisno-psykholohichni vymir matematychnoi kompetentnosti zdobuvachiv osvity: strukturno-matematyчне myslennia [Personal-psychological dimension of the student's mathematical competence: structural-mathematical thinking]. Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice, 2025. Vol.13, No 4. S. 68-73. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i4-009> (in Ukrainian).
10. Semenets S., Semenets L. Innovative technologies in mathematics education. Modern science: prospects, innovations and technologies: Scientific monograph. Part 2. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024. P. 323-377.
11. Sliepkan Z. Psykholoho-pedahohichni ta metodychni osnovy rozvyvalnoho navchannia matematyky. Ternopil: Pidruchnyky i posibnyky, 2004. 240 s. (in Ukrainian).
12. Tokareva N. M. Osnovy pedahohichnoi psykholohii: navchalno-metodychnyi posibnyk. Kryvyi Rih, 2013. 223 s. <https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1758/1/%D0%BF%D0%B5%D0%B4.%D0%BF%D1%81.pdf> (in Ukrainian).

| Матеріал надійшов до редакції: 27.08.2025 р. | Прийнято до друку: 30.09.2025 р. | Опубліковано: 30.10.2025 р. |

