УДК: 378.091.4STEM:[159.98:615.851(045)

https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3(55)-964-976

Герасімова Наталія Євгеніївна кандидат психологічних наук, доцент, завідувач кафедри педагогіки і психології, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, https://orcid.org/0000-0001-5455-4891

Герасимова Інна Володимирівна кандидат педагогічних наук, транзакційний аналітик, доцент кафедри педагогіки і психології, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м.Черкаси, https://orcid.org/0000-0003-3981-1428

ДИНАМІКА КОГНІТИВНИХ ТА АФЕКТИВНИХ ДИСПАРИТЕТІВ У СУЧАСНІЙ STEM-ОСВІТІ: ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА МЕХАНІЗМИ САМОРЕГУЛЯЦІЇ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНО-ХІМІЧНОГО ПРОФІЛЮ

Анотація. Сучасний освітній простір України переживає глибоку модернізацію, спрямовану на підвищення якості підготовки фахівців у критично важливих галузях. Актуальність аналізу психологічних особливостей STEM-освіти [8] постала як необхідність адаптації та оптимізації освітнього процесу. Хоча STEM-освіта сама по собі є інноваційною технологією навчання, що обіцяє гармонійний розвиток [7], вона також підвищує вимоги до інтеграції знань (міждисциплінарність). Ця інтеграція збільшує внутрішнє когнітивне навантаження. Якщо цей підвищений тиск не супроводжується адекватною психологічною підтримкою, він може призводити до зростання академічного стресу, особливо у студентів, які вже мають схильність до тривожності, пов'язаної з Р-М-С предметами [1]. Збільшене інтеграційне навантаження, накладене на існуючу математичну тривожність, створює психологічний ефект, що вимагає застосування комплексного, а не лише дидактичного, підходу для забезпечення успіху студента.

У сфері природничо-математичної освіти (Р-М-С) ця трансформація відбувається під впливом STEM-орієнтованого підходу, який об'єднує науку, технології, інженерію та математику [3]. Ця концепція висуває не лише вимоги до оновлення матеріально-технічного й навчально-методичного забезпечення, включаючи оснащення сучасних STEM-лабораторій [4], але й потребує кардинальної перебудови змісту освіти та методів викладання [3].

Сутність цієї модернізації полягає у фокусі на розвитку особистості студента та формуванні компетентностей, необхідних для успішної самореалізації у високотехнологічному суспільстві. Серед ключових компетентностей, визначених Державним стандартом, є математична, інформаційно-цифрова

компетентності, науковий світогляд та здатність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методологій для пояснення світу природи [3]. Впровадження STEM-освіти в освітній процес вищих навчальних закладів (ЗВО) та середньої ланки має на меті формування та розвиток навичок науково-дослідницької та інженерної діяльності, а також забезпечення ранньої професійної самовизначеності та готовності до усвідомленого вибору майбутньої професії [4]. Таким чином, успішна реалізація цього підходу накладає значні вимоги на когнітивну, емоційну та мотиваційну готовність абітурієнтів, які вступають на P-M-C спеціальності, та студентів, які освоюють складні інтегровані курси.

Ключові слова. академічний стрес, когнітивне навантаження, математична тривожність, міждисциплінарність, P-M-C освіта, STEM-освіта.

Gerasimova Natalia Eugenievna Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Scientific-and-Research Institute of Pedagogical Education, Social Work and Arts, Bohdan Khmelnytsky National University at Cherkasy, Cherkasy, https://orcid.org/0000-0001-5455-4891

Gerasymova Inna Volodymyrivna Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Transactional Analyst, Scientific-and-Research Instituteof Pedagogical Education, Social Work and Arts, Bohdan Khmelnytsky National University at Cherkasy, Cherkasy, https://orcid.org/0000-0003-3981-1428

DYNAMICS OF COGNITIVE AND AFFECTIVE DISPARITIES IN MODERN STEM EDUCATION: PSYCHOLOGICAL ASPECTS AND MECHANISMS OF SELF-REGULATION IN THE TRAINING OF SPECIALISTS IN PHYSICS, MATHEMATICS, AND CHEMISTRY

Abstract. The modern educational space of Ukraine is undergoing a deep modernization aimed at improving the quality of training specialists in critical areas. The relevance of the analysis of the psychological features of STEM education [8] has emerged as a necessity for adapting and optimizing the educational process. Although STEM education itself is an innovative learning technology that promises harmonious development [7], it also increases the requirements for the integration of knowledge (interdisciplinarity). This integration increases the internal cognitive load. If this increased pressure is not accompanied by adequate psychological support, it can lead to increased academic stress, especially in students who are already prone to anxiety related to P-M-C subjects [1]. The increased integration load imposed on existing mathematics anxiety creates a psychological effect that requires a comprehensive, rather than merely didactic, approach to ensure student success.

In the field of science and mathematics education (STEM), this transformation is taking place under the influence of the STEM-oriented approach, which combines

science, technology, engineering, and mathematics [3]. This concept not only requires the renewal of material, technical, and educational and methodological support, including the equipping of modern STEM laboratories [4], but also requires a radical restructuring of the content of education and teaching methods [3].

The essence of this modernization is the focus on the development of the student's personality and the formation of competencies necessary for successful self-realization in a high-tech society. Among the key competencies defined by the State Standard are mathematical, information and digital competence, scientific worldview and the ability to apply the appropriate set of scientific knowledge and methodologies to explain the natural world [3]. The introduction of STEM education into the educational process of higher education institutions (HEI) and secondary education aims to form and develop skills in scientific research and engineering activities, as well as to ensure early professional self-determination and readiness for a conscious choice of a future profession [4]. Thus, the successful implementation of this approach imposes significant requirements on the cognitive, emotional, and motivational readiness of applicants entering P-M-C specialties and students mastering complex integrated courses.

Keywords: academic stress, cognitive load, math anxiety, interdisciplinarity, P-M-C education, STEM education.

Постановка проблеми. Освоєння фізико-математично-хімічних спеціальностей є процесом, що висуває екстремально високі вимоги до робочої пам'яті студента. Теорія когнітивного навантаження (ТКН) надає необхідний психологічний інструментарій для розуміння та оптимізації цього процесу. ТКН стверджує, що людський мозок зберігає інформацію в організованих структурах, відомих як «схеми». Ці схеми дозволяють опрацьовувати складні завдання та сприймати численні елементи в рамках одного уроку чи задачі як єдине ціле, формуючи нашу базу знань [12].

Когнітивне перевантаження виникає, коли вимоги до обробки інформації перевищують обмежені ресурси робочої пам'яті. У випадку P-M-C спеціальностей, перевантаження швидко призводить до помилок, нездатності повноцінно зануритися в предмет і, як наслідок, до незасвоєння матеріалу. Для математиків, високе внутрішнє навантаження часто виникає при освоєнні абстрактних доказів (наприклад, у топології чи функціональному аналізі). Для фізиків, когнітивне навантаження зростає через необхідність одночасної інтеграції складних математичних моделей і фізичних принципів (наприклад, розв'язання рівнянь Максвелла).

Для хіміків, критичним елементом є високе внутрішнє навантаження, пов'язане з послідовністю багатостадійних процесів (органічний синтез, кінетика реакцій), де забування одного кроку руйнує всю схему.

У складних дисциплінах, таких як квантова фізика чи органічний синтез, це стає критичним бар'єром [12].

Аналіз психологічних аспектів сучасної освіти для фізико-математично-хімічних спеціальностей свідчить про те, що успішна підготовка фахівців у галузі STEM знаходиться на критичному перетині високих когнітивних вимог та значних афективних бар'єрів. З одного боку, необхідна здатність до високої абстракції, концептуального поєднання та ефективного управління когнітивним навантаженням. З іншого боку, студентська спільнота стикається з математичною тривожністю, зростаючим академічним стресом та проблемами професійної ідентичності.

Успіх вимагає від студента розвинених механізмів саморегуляції, гнучкості та психологічної стійкості до роботи в умовах дискретності та непрогнозованості результатів, що є характерною рисою науково-дослідної та інженерної діяльності [7]. Психологічні особливості (мотивація, самооцінка, інтереси) вимагають індивідуального та диференційованого підходу, особливо з урахуванням виявлених гендерних та вікових відмінностей [8]. Оптимізація освітнього процесу повинна бути спрямована на подолання психологічних труднощів та адаптацію студентів до інноваційного освітнього середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень свідчить про зміну парадигми: від суто технічної підготовки до формування «цілісного фахівця», здатного керувати власними психічними станами в умовах інтелектуальної напруги. Успіх студента у фізико-математично-хімічних спеціальностях, які сьогодні є інтегрованими STEM-галузями, залежить від динамічної взаємодії трьох ключових психологічних доменів: когнітивного, афективного та мотиваційного. Когнітивний домен охоплює процеси мислення, пам'яті, опрацювання складної інформації та здатність до абстракції.

Афективний домен включає емоційну стійкість, здатність до подолання тривожності (зокрема, математичної) та управління академічним стресом. Мотиваційний домен визначається цільовою спрямованістю, механізмами саморегуляції та стійким інтересом до науково-трудової діяльності [7].

Дослідження в межах нейропсихології навчання вказують на нерівномірність розвитку різних типів інтелекту у студентів та підтверджують високий рівень розвитку алгоритмічного мислення яке часто супроводжується дефіцитом дивергентного (творчого) мислення [6]. Це створює диспаритет при вирішенні неструктурованих завдань.

Дослідники акцентують увагу на «когнітивному перевантаженні» через використання складного програмного забезпечення (MATLAB, ChemOffice тощо), що змінює структуру обробки інформації [6,11,12]. Афективні диспаритети проявляються у розриві між високою академічною успішністю та низькою емоційною стійкістю.

Сучасні праці доводять, що негативні емоції блокують робочу пам’ять [1,6,10,12]. У фізико-хімічному профілі це проявляється як страх перед лабораторними помилками або складними обчисленнями. Публікації останніх років вказують на високу поширеність цього стану серед студентів елітних

фізико-математичних факультетів, що веде до емоційного вигорання ще на етапі навчання [1,6,7].

Дослідники наголошують на специфіці профілю:

- фізики: потребують розвитку просторової уяви та здатності до тривалої концентрації.
- хіміки: важливим є поєднання сенсомоторного контролю (лабораторна практика) з теоретичним моделюванням.
- математики: основний акцент на подоланні «інтелектуальної ізоляції» через розвиток комунікативних навичок [7,11].

Аналіз публікацій показує, що подолання диспаритетів (невідповідностей) можливе лише через впровадження метакогнітивних тренінгів у навчальний процес. Майбутній фахівець має не просто «знати формулу», а розуміти, як його психіка реагує на складність цієї формули. Сучасна STEM-освіта переходить від моделі «накопичення знань» до моделі «керування когнітивними ресурсами» [5,7,8].

Мета статті – теоретично обґрунтувати та дослідити особливості когнітивно-афективних диспаритетів (невідповідностей між інтелектуальними можливостями та емоційним станом) у студентів фізико-математичного та хімічного профілів, а також визначити роль саморегуляції як механізму подолання цих розбіжностей у процесі професійної підготовки.

Виклад основного матеріалу. Сучасна освітня парадигма вимагає відмови від універсальних методик на користь індивідуалізації. Для ефективного подолання психологічних бар'єрів у Р-М-С освіті, таких як математична тривожність та проблеми самооцінки, критично важливе впровадження диференційованого та особистісно зорієнтованого навчання [1]. Це означає, що вибір завдань, прийомів та методів викладання повинен відповідати індивідуальним потребам, стилям пізнання та початковому рівню знань студента.

Емпіричні дослідження психологічних особливостей STEM-освіти, навіть на рівні Нової української школи (НУШ), виявили, що у студентів (учнів) існують значні відмінності в інтересах, рівнях стресу та самооцінці залежно від гендерних та вікових критеріїв [8].

Наприклад, існують відмінності у самосприйнятті між дівчатами та хлопцями, що вимагає цілеспрямованих методик для формування позитивної самооцінки у специфічних груп [8]. Це свідчить про необхідність того, щоб викладачі Р-М-С спеціальностей у ЗВО володіли методами психологічної діагностики та адаптували методики для різних категорій студентів, особливо на молодших курсах.

Інтеграція штучного інтелекту та симуляційних технологій в освіту Р-М-С спеціальностей є потужним інструментом, який має глибокі психологічні переваги. Системи ШІ та моделювання радикально змінюють процес навчання, надаючи якісний досвід, який сприяє прогресу та досягненню успішних результатів у довгостроковій перспективі [2].

Дослідження підтверджують, що використання симуляцій дозволяє студентам вчитися швидше, ніж просто шляхом читання вказівок [2]. Психологічні переваги використання віртуальних та симуляційних середовищ включають:

1. *зниження страху помилки:* практика відбувається у безпечному, контрольованому цифровому середовищі, де наслідки невдач не є критичними. Це допомагає студентам долати афективні бар'єри.

2. *прискорення формування когнітивних схем:* ШІ-симуляції можуть адаптивно подавати інформацію, мінімізуючи зовнішнє навантаження та фокусуючись на релевантному навантаженні. Це сприяє швидкому формуванню та закріпленню складних когнітивних схем, необхідних у Р-М-С.

3. *оптимізація когнітивного навантаження:* найбільш значущий психологічний вплив ШІ полягає у його здатності адаптивно керувати навчальним процесом. ШІ може ідентифікувати ознаки когнітивного перевантаження у студента і автоматично перемикати його на консолідуючі симуляції або, навпаки, вводити завдання високої абстракції, коли початкові схеми вже сформовані. Це забезпечує постійну оптимізацію релевантного навантаження, дозволяючи досягати високого рівня абстракції [12].

Для забезпечення психологічної готовності студентів до освоєння Р-М-С дисциплін існує потреба у спеціалізованих корекційно-розвивальних програмах. Прикладом таких програм є «STEM-старт: крок до школи» [8], розроблена для молодших ланок, але принципи якої є універсальними для адаптації. Метою такої програми є підготовка до вивчення STEM-дисциплін шляхом розвитку ключових когнітивних процесів та навичок.

Програми повинні включати інтерактивні сесії, спрямовані на формування позитивного ставлення до Р-М-С освіти, розвиток креативності, самовираження та комунікативних навичок [8].

Хоча вищезгадана програма орієнтована на початкову школу, її принципи мають бути інтегровані в обов'язкові адаптаційні курси для першокурсників ЗВО. Ці курси мають не лише підтягувати знання, а й працювати над психологічними особливостями: знижувати стрес, підвищувати самооцінку та розвивати комунікаційні здібності, необхідні для кооперативного навчання [1]. Це сприяє готовності студентів до опанування складних дисциплін та покращує якість STEM-освіти загалом.

Крім того, успішна модернізація Р-М-С освіти вимагає не просто оновлення змісту, але й розвитку професійних компетентностей самих педагогів [3]. Викладач Р-М-С у ВНЗ має еволюціонувати до ролі STEM-психолога-педагога, здатного діагностувати та коригувати математичну тривожність, академічний стрес та проблеми з саморегуляцією. Це вимагає суттєвих змін у системі підготовки та післядипломної педагогічної освіти викладачів [4]. Для ефективного управління пізнавальними ресурсами необхідно розрізняти три типи когнітивного навантаження: внутрішнє, зовнішнє та релевантне.

Внутрішнє навантаження є невід'ємною складністю матеріалу, яка залежить від взаємодії його елементів (наприклад, складність багатоступеневого хімічного синтезу). *Зовнішнє навантаження* – це ті елементи, які не сприяють засвоєнню, але відволікають ресурси (наприклад, поганий дизайн презентації, нечітке формулювання задач). Оптимізація цього типу навантаження, наприклад, через мінімізацію «шуму» або використання інструментів штучного інтелекту (ШІ) для спрощення рутинної інформації [2], є першочерговим завданням педагога. *Релевантне навантаження* – це корисна частина навантаження, спрямована саме на побудову та вдосконалення когнітивних схем та інтеграцію знань. Це навантаження, яке виникає під час вирішення нестандартних проблем та концептуального поєднання [6].

Використання ТКН як практичного інструменту пояснює, чому студенти часто не можуть осягнути вищі, абстрактні ідеї. Якщо робоча пам'ять постійно перевантажена зовнішнім навантаженням (наприклад, необхідністю розшифровувати погано структуровані лекції) або надмірним внутрішнім навантаженням (через прогалини у базових схемах), ресурс, необхідний для глибокої обробки, метафоричної логіки та абстракції, виснажується. Таким чином, оптимізація когнітивного навантаження є не лише дидактичною, а й необхідною психологічною умовою для досягнення філософської мети пізнання – «знати, чому річ існує, а не тільки що вона є», що є кінцевою метою когнітивної науки [11].

Взаємозв'язок між типами навантаження та стратегіями оптимізації у Р-М-С дисциплінах можна систематизувати таким чином:

1. *внутрішнє навантаження*: його психологічна сутність полягає у складності, притаманній навчальному матеріалу (взаємодія елементів). Прикладами в Р-М-С є квантова фізика, багатоступеневий органічний синтез та диференціальні рівняння. Стратегії оптимізації включають розбиття матеріалу на менші модулі та попереднє формування міцних когнітивних схем [12].

2. *зовнішнє навантаження*: його психологічна сутність – це навчальні елементи, які не сприяють засвоєнню, а відволікають (дизайн, представлення). Приклади: нерелевантна інформація, хаотичні слайди, занадто багато тексту/символів одночасно. Оптимізація досягається через мінімізацію «шуму», чітку структуризацію уроку та використання інструментів ШІ для спрощення рутинної інформації [2].

3. *релевантне навантаження*: це навантаження, спрямоване на побудову схем та інтеграцію знань. Прикладами є вирішення нестандартних проблем, концептуальне поєднання та застосування метафоричної логіки.[9] Стратегії оптимізації включають інтерактивні та кооперативні методи, націлені на глибоку обробку та обговорення інформації [10].

Центральною вимогою Р-М-С спеціальностей є здатність до високого рівня абстрактного мислення. Абстракція дозволяє суб'єкту осягнути загальні, «зверхчуттєві якості», які неможливо отримати безпосередньо з чуттєвого досвіду. Наприклад, завдяки мисленню суб'єкт здатен осягнути твердість об'єкта

взагалі, а не лише твердість якогось конкретного предмета. Ця здатність підтверджує аргументи раціоналістів про те, що розум здатний самостійно здійснювати відкриття, які лише згодом підтверджуються досвідним шляхом [11].

Розвиток абстракції тісно пов'язаний із креативністю та інноваційною діяльністю, особливо необхідною в інженерії та наукових дослідженнях. Дослідження когнітивних теорій показують, що оригінальні ідеї найімовірніше виникають внаслідок концептуального поєднання – об'єднання двох різних наборів інформації, часто лише на дуже високому рівні абстракції. Це мислення часто описується як метафорична логіка [6]. Концептуальне поєднання підкреслює, що інновації не є простою сумою знань; вони вимагають здатності бачити несподівані зв'язки між, здавалося б, відмінними рисами. Для чистих математиків, абстракція є самоціллю, дозволяючи оперувати формальними системами та конструювати докази, які не мають прямого фізичного аналога. У фізиці, абстрактне мислення необхідне для оперування невидимими сутностями (поля, хвильові функції) та для переходу від макроскопічних явищ до мікроскопічних моделей. Для хіміків, абстракція використовується для розуміння квантово-механічних моделей зв'язку та механізмів реакцій на молекулярному рівні, які є непрямими [11].

Це посилює когнітивно-генетичний підхід до навчання, де взаємодія різних точок зору (наприклад, у кооперативному навчанні) прискорює розумовий розвиток [10]. Отже, програми Р-М-С повинні включати завдання, що вимагають поєднання навичок, отриманих у різних, навіть віддалених предметах, щоб стимулювати метафоричну логіку.

Крім абстракції, просторове мислення є фундаментальним для цілої низки Р-М-С дисциплін, особливо у фізиці (механіка, електродинаміка), хімії (стереохімія, структура молекул) та інженерії (креслення, моделювання). Хоча систематичний курс геометрії, що формує ці навички, розпочинається в основній та старшій школі [9], у вищій школі цей розвиток має бути поглиблений через візуалізацію складних структур, моделювання та формування практичних умінь. Для хіміків, просторове мислення є критичним для розуміння стереохімії та конформацій молекул, що безпосередньо впливає на реакційну здатність. Фізики використовують його для візуалізації векторних полів, траєкторій частинок та тривимірних систем (наприклад, кристалічних ґраток). Математики застосовують його у вищій геометрії та топології, де просторові концепції можуть бути перенесені на багатовимірні простори [9].

Одним із найбільш значущих психологічних бар'єрів на шляху до успішного освоєння Р-М-С спеціальностей є математична тривожність (МТ). МТ не є вродженою рисою, а набутим станом, що проявляється на емоційному, когнітивному та фізіологічному рівнях [1]. Вона є головною причиною низької успішності, оскільки безпосередньо атакує здатність студента ефективно використовувати свої когнітивні ресурси.

Критичними когнітивними наслідками МТ є зниження обсягу робочої пам'яті під час виконання математичних завдань. Це означає, що, коли студент відчуває тривогу, частина його пізнавальних ресурсів переключається на емоційне опрацювання страху, а не на розв'язання задачі. Як наслідок, студент забуває математичний зміст або алгоритми, припускається помилок в обчисленнях, що посилює відчуття некомпетентності та створює порочне коло тривоги та невдачі. Крім того, МТ може знижувати швидкість читання, ускладнюючи опрацювання умов задач та інструкцій [1].

Тоді як для математиків тривожність часто пов'язана безпосередньо з обчисленнями та формальною логікою, у фізиці та хімії вона набуває форми наукової чи інтеграційної тривожності. Це страх не стільки перед окремою формулою, скільки перед комплексною задачею, яка вимагає одночасного застосування математичного апарату, фізичних законів та хімічних принципів. Наприклад, у фізичній хімії або квантовій механіці ця інтеграційна тривожність може бути вищою, ніж чиста математична тривожність, оскільки вона виснажує робочу пам'ять на двох або більше рівнях складності [1].

Довгострокові наслідки МТ мають вирішальне значення для формування професійної траєкторії. Наявність ознак математичної тривожності впливає на вибір професії, змушуючи студентів уникати високотехнологічних спеціальностей у галузі науки, технології та інженерії (STEM) [1]. Це створює проблему дефіциту кадрів у критично важливих галузях, незважаючи на об'єктивну необхідність популяризації інженерних професій [5]. Розрив цього циклу вимагає не лише дидактичних змін, але й психологічної підтримки, спрямованої на розвиток позитивного ставлення до Р-М-С дисциплін та постійну підтримку відчуття впевненості у студентів.

Академічний стрес є супутнім елементом високих вимог, характерних для Р-М-С спеціальностей. Навіть на етапі початкової освіти виявлено, що учні (майбутні студенти) відчувають помірний стрес, причому цей рівень зростає у старших вікових групах [8].

Це підкреслює універсальну необхідність розробки ефективних стратегій зниження академічного стресу, особливо на перших курсах ВНЗ, де вимоги до самостійності та складності матеріалу різко зростають.

Взаємозв'язок між самооцінкою, професійною ідентичністю та успішністю є критичним. Аналіз показує, що негативна самооцінка або значна невідповідність між власним образом («Я є») та образом «еталонного фахівця» (наприклад, інженера чи науковця) може стати причиною професійної дезорієнтації та зниження мотивації, особливо серед першокурсників, які мають більш туманне уявлення про цінності та професійні якості [6]. Емпіричні дослідження вказують на те, що психологічні особливості, такі як самооцінка, мають значні відмінності залежно від гендерних та вікових критеріїв, що вимагає цілеспрямованої уваги до формування самосприйняття для конкретних категорій студентів Р-М-С [8].

Студенти, які отримують достатню соціальну та психологічну підтримку від свого середовища (викладачів, колег, сім'ї), демонструють вищу резилієнтність до стресу. Соціальна підтримка та інтерактивні методи навчання, які сприяють співпраці та комунікації , є потужними інструментами для зняття тривожності. Кооперативне навчання, підвищуючи взаємодопомогу, перетворює внутрішнє, ізолююче відчуття «Я не можу» на спільне «Ми розберемося», що зміцнює впевненість. Отже, програми адаптації першокурсників повинні включати чітке моделювання професійної ідентичності та цінностей Р-М-С спеціаліста, щоб мінімізувати професійну дезорієнтацію [1,8].

Основні психологічні наслідки математичної тривожності (МТ) та відповідні педагогічні стратегії для їх подолання у ВНЗ можна систематизувати так:

1. зниження робочої пам'яті:

○ *прояви в студентському середовищі:* помилки в обчисленнях, стан "ступору" на іспитах;

○ *когнітивний механізм:* ресурси уваги переключаються на емоційне опрацювання тривоги;

○ *педагогічний відгук:* впровадження інструментів для зняття тривожності та використання диференційованого підходу.

2. уникнення предмету/професії:

○ *прояви в студентському середовищі:* перехід на гуманітарні спеціальності, відсутність інтересу до інженерних задач;

○ *когнітивний механізм:* негативне підкріплення та страх невдачі;

○ *педагогічний відгук:* розвиток позитивного ставлення та постійна підтримка відчуття впевненості.

3. зниження швидкості читання:

○ *прояви в студентському середовищі:* повільне опрацювання умов задач та інструкцій;

○ *когнітивний механізм:* когнітивна загальмованість та надмірна концентрація на внутрішніх страхах;

○ *педагогічний відгук:* практикувати інтерактивні методи для збудження інтересу та комунікації [1].

Висновок. Для забезпечення максимальної ефективності освітніх програм необхідні подальші поглиблені емпіричні дослідження, безпосередньо спрямовані на студентську аудиторію Р-М-С спеціальностей. Дослідження мають бути аналогічними за методологією вже проведеним дослідженням у НУШ, але адаптованими для вищої освіти, з метою точного виявлення рівнів академічного стресу, мотиваційних особливостей та психологічних бар'єрів у студентів різних курсів.

Особливої уваги заслуговує поглиблене вивчення впливу інтеграції ШІ та віртуальних лабораторій на формування концептуального поєднання та метафоричної логіки – психологічних основ креативного наукового задуму.

Для підсумкової систематизації, пропонуються психологічні інструменти, спрямовані на оптимізацію освітнього процесу у Р-М-С спеціальностях:

1. *психологічна проблема: математична тривожність (МТ):*
   - основний механізм рішення: емоційна та когнітивна десенсибілізація;
   - практичні інструменти та методи: використання інтерактивних та ігрових методів навчання, диференційоване оцінювання, а також постійна підтримка відчуття впевненості;
   - очікуваний результат: зниження рівня МТ та підвищення обсягу робочої пам'яті.
2. *психологічна проблема: когнітивне перевантаження:*
   - основний механізм рішення: оптимізація теорії когнітивного навантаження (ТКН);
   - практичні інструменти та методи: модульне викладення матеріалу та використання ШІ-симуляцій для візуалізації складних концепцій;
   - очікуваний результат: ефективне формування когнітивних схем та розвиток абстрактного мислення.
3. *психологічна проблема: низька резилієнтність (до невдач):*
   - основний механізм рішення: розвиток саморегуляції та когнітивної гнучкості;
   - практичні інструменти та методи: впровадження проєктних робіт з високою невизначеністю, кооперативне навчання та тренування механізмів саморегуляції;
   - очікуваний результат: формування стійкості соціально-трудової спрямованості та готовності до інноваційної діяльності.
4. *психологічна проблема: професійна дезорієнтація:*
   - основний механізм рішення: формування чіткої професійної ідентичності;
   - практичні інструменти та методи: менторство, курси з моделювання цінностей фахівця та програми адаптації;
   - очікуваний результат: зростання мотивації та усвідомлений вибір професійної траєкторії.

Для забезпечення максимальної ефективності освітніх програм необхідні подальші поглиблені емпіричні дослідження, безпосередньо спрямовані на студентську аудиторію Р-М-С спеціальностей.

Дослідження мають бути аналогічними за методологією вже проведеним дослідженням у НУШ , але адаптованими для вищої освіти, з метою точного виявлення рівнів академічного стресу, мотиваційних особливостей та психологічних бар'єрів у студентів різних курсів.

Особливої уваги заслуговує поглиблене вивчення впливу інтеграції ШІ та віртуальних лабораторій на формування концептуального поєднання та метафоричної логіки – психологічних основ креативного наукового задуму.

Література:

1. Андрієвська, М., & Михайленко, Л. (2023). Змішане навчання математики: тенденції і шляхи подолання математичної тривожності. *Didactics of Mathematics: Problems and Research*.

2. Використання штучного інтелекту в освіті: Психологічні переваги симуляцій та швидкість навчання. (2023).

3. Кабінет Міністрів України. (2020). *Державний стандарт базової середньої освіти: Концепція «Нова українська школа» та компетентності у галузі природничих наук*.

4. Кабінет Міністрів України. (2020). *Концепція розвитку природничо-математичної освіти: Впровадження STEM-освіти та підготовка вчителів* (Розпорядження Кабінету Міністрів України). МОН України.

5. *Концепція розвитку природничо-математичної освіти: Популяризація інженерних професій та формування професійної самовизначеності через STEM*. (2020).

6. Марковський, В. Ю. (2021). *Когнітивні теорії: Концептуальне поєднання, метафорична логіка, професійна ідентичність* [Навчально-методичний посібник].

7. Піддячий, М. (2020). *Ефективність технологізації гармонійного розвитку особистості засобами STEM-освіти.*

8. *Психологічні особливості STEM-освіти в освітньому процесі НУШ*. (2020).

9. *Розвиток просторового мислення в школярів: Геометричний матеріал та логічне мислення*. (2022).

10. *Розвиток факторів ефективності кооперативного навчання: Теоретичні підходи (Мотиваційний, Когнітивно-генетичний)*. (2024).

11. *Філософські та методологічні основи когнітивної науки: Абстракція та мета пізнання*. (2019). [Навчальний посібник].

12. Sweller, J. (2017). *Теорія когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory): Схеми, перевантаження, внутрішнє, зовнішнє та релевантне навантаження* (Концептуальний огляд).

References:

1. Andriievska, M., & Mykhailenko, L. (2023). Zmishane navchannia matematyky: tendentsii i shliakhy podolannia matematychnoi tryvozhnosti [Blended learning of mathematics: trends and ways to overcome math anxiety]. *Didactics of Mathematics: Problems and Research*. [in Ukrainian].

2. Vykorystannia shtuchnoho intelektu v osviti: Psykholohichni perevahy symuliatsii ta shvydkist navchannia [Use of artificial intelligence (AI) in education: Psychological benefits of simulations and learning speed]. (2023). [in Ukrainian].

3. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2020). *Derzhavnyi standart bazovoi serednoi osvity: Kontseptsiia «Nova ukrainska shkola» ta kompetentnosti u haluzi pryrodnychykh nauk* [State standard of basic secondary education: "New Ukrainian School" concept and competencies in the field of natural sciences]. [in Ukrainian].

4. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2020). *Kontseptsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity: Vprovadzhennia STEM-osvity ta pidhotovka vchyteliv* [Concept for the development of natural and mathematical education: Implementation of STEM education and teacher training] (Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine). MES of Ukraine. [in Ukrainian].

5. Kontseptsiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity: Populiaryzatsiia inzhenernykh profesii ta formuvannia profesiinoi samovyznachenosti cherez STEM [Concept for the development of natural and mathematical education: Popularization of engineering professions and formation of professional self-determination through STEM]. (2020). [in Ukrainian].

6. Markovskyi, V. Yu. (2021). *Kohnityvni teorii: Kontseptualne poiednannia, metaforychna lohika, profesiina identychnist* [Cognitive theories: Conceptual combination, metaphorical logic, professional identity]. [in Ukrainian].

7. Piddiachyi, M. (2020). *Efektyvnist tekhnolohizatsii harmoniinoho rozvytku osobystosti zasobamy STEM-osvity* [Efficiency of technologization of harmonious personality development by means of STEM education] [Thesis]. [in Ukrainian].

8. Psykholohichni osoblyvosti STEM-osvity v osvitniomu protsesi NUSh [Psychological features of STEM education in the NUS educational process]. (2020). [in Ukrainian].

9. Rozvytok prostorovoho myslennia v shkoliariv: Heometrychnyi material ta lohichne myslennia [Development of spatial thinking in schoolchildren: Geometric material and logical thinking]. (2022). [in Ukrainian].

10. Rozvytok faktoriv efektyvnosti kooperatyvnoho navchannia: Teoretychni pidkhody (Motyvatsiinyi, Kohnityvno-henetychnyi) [Development of effectiveness factors of cooperative learning: Theoretical approaches (Motivational, Cognitive-genetic)]. (2024). *ResearchGate*. [in Ukrainian].

11. *Filosofski ta metodolohichni osnovy kohnityvnoi nauky: Abstraktsiia ta meta piznannia* [Philosophical and methodological foundations of cognitive science: Abstraction and the goal of cognition]. (2019). [Educational manual]. [in Ukrainian].

12. Sweller, J. (2017). *Teoriia kohnityvnoho navantazhennia (Cognitive Load Theory): Skhemy, perevantazhennia, vnutrishnie, zovnishnie ta relevantne navantazhennia (Kontseptualnyi ohliad)* [Cognitive Load Theory: Schemas, overload, intrinsic, extraneous, and germane load (Conceptual review)]. [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 10.02.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.02.2026