

 <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-3-101-107>

 <https://orcid.org/0000-0003-4547-5934>

СНІЖКО Наталія

кандидатка фізико-математичних наук, доцентка, доцентка катедри математики,
Національний університет «Запорізька політехніка»

e-mail: snizhko.nataliia@gmail.com

УДК 378.147:81'243:51:159.95(045)

БІЛІНГВАЛЬНЕ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ КРИЗЬ ПРИЗМУ МОВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ: КОГНІТИВНІ НАСЛІДКИ ІНТЕГРАЦІЇ РІДНОЇ, ІНОЗЕМНОЇ ТА МАТЕМАТИЧНОЇ МОВ

В останні десятиліття впровадження білінгвального навчання у технічних закладах вищої освіти набуває дедалі більшого значення, особливо в контексті глобалізації та європейської інтеграції. Математика, будучи основною дисципліною технічної освіти, створює додаткові виклики в умовах білінгвального навчання.

У роботі досліджується, як поєднання рідної мови (української), іноземної мови (англійської) та мови математики впливає на когнітивний розвиток студентів та освітні результати.

Метою цього дослідження є вивчення когнітивних наслідків білінгвального навчання математики в технічному університеті. Дослідження зосереджено на трьох взаємопов'язаних питаннях: що пропонує англійська мова як засіб навчання для розуміння математики, що пропонує математика для засвоєння іноземної мови та як їх інтеграція впливає на когнітивні навички студентів.

Дослідження базується на якісному аналізі та рефлексивному узагальненні аудиторного досвіду, накопиченого протягом кількох років білінгвального викладання математики в Національному університеті «Запорізька політехніка». Емпіричні приклади, спостереження та діяльність студентів були проаналізовані крізь призму методології CLIL (інтегрований предметно-мовний підхід).

Встановлено, що використання англійської мови для викладання математики покращує та поглиблює розуміння математичних понять, сприяє розвитку академічної мови та розвиває мислення вищого порядку. Вказані стратегії білінгвального навчання, які зменшують когнітивне навантаження та сприяють як вивченню предмета, так і засвоєнню мови.

Наведені конкретні приклади підкреслюють, як білінгвальне навчання заохочує до рефлексії, зосередженості та переосмислення математичних ідей.

Запропоновано авторське бачення переваг білінгвального навчання математики в когнітивному аспекті. Наведено докази взаємного впливу математики та іноземної мови в процесі білінгвального навчання.

Навчання математики на білінгвальній основі забезпечує численні переваги як для формування мовної компетентності, так і для розуміння предметного (математичного) матеріалу. Таке навчання поглиблює засвоєння математичних понять, стимулює мотивацію, розвиває когнітивну гнучкість і може компенсувати труднощі в навчанні.

Ключові слова: вища математика; когнітивні навички; білінгвальне навчання; інтегративний предметно-мовний підхід; математична мова.

Постановка проблеми. За останні десятиліття в сучасному світі відбулися важливі зміни, які характеризуються глобалізацією всіх соціальних, політичних, економічних і екологічних процесів. Ці зміни вплинули також і на світову систему освіти. Особливого значення набуває володіння студентами – майбутніми фахівцями – іноземною мовою. Тенденції останніх десятиліть демонструють зміщення фокусу: іноземна мова стає не метою навчання, а засобом.

У європейських університетах дедалі ширше використовується інтегрований предметно-мовний підхід (Content and Language Integrated Learning – CLIL), який охоплює різні ситуації викладання немовного предмету засобами іноземної мови. CLIL передбачає рівновагу між предметним змістом і мовним навчанням. Одним із різновидів CLIL є білінгвальне (двомовне) навчання, коли фахова (спеціальна) дисципліна викладається іноземною мовою (з тим чи іншим відсотком її використання). Таким чином, мова використовується як засіб вивчення змісту, а зміст, в свою чергу, використовується як ресурс для вивчення мови.

Білінгвальне навчання – це тенденція, яка набуває все більшого значення в європейській освіті; вона є результатом як європейського, так і американського впливу в галузях філософії, психології, освіти та вивчення мов. «В інтегрованому світі інтегроване навчання все частіше розглядається як сучасна форма надання освіти, розроблена для того, щоб ще краще забезпечити студента знаннями та навичками, відповідними до епохи глобалізації» (Mehisto et al., 2008). Але слід зауважити, що в Україні цілісна концепція білінгвального предметно-орієнтованого навчання в системі вищої освіти наразі не побудована, визначено лише певні аспекти проблеми двомовного навчання у вищій школі. Також зауважимо, що майже не розроблені методологічні

та технологічні основи білінгвального навчання окремих дисциплін, в тому числі і математики.

Згідно з подвійною спрямованістю CLIL, білінгвальне навчання спирається як на методику викладання мов, так і на дидактику конкретної предметної області (Coyle, 2006). Таким чином, в контексті білінгвального навчання математики постає питання про взаємодію та взаємовплив трьох мов – української як рідної мови (L1), англійської як іноземної мови (L2) і мови математики (ML) – та їх вплив на розвиток когнітивних навичок студента.

М. Hejný визначає математичну мову як довільну систему знаків, за допомогою якої реалізується мислення і комунікація (Hejný, 1990, р. 26). Для навчання математики важливо дослідити зв'язок «зображення і думки → їх лінгвістичне представлення». Загалом дослідники вважають, що математична мова – поняття широке і може бути інтерпретоване по-різному (Pimm & Keynes, 1994; Laborde, 1990). По-перше, ML – це мова спілкування, яка використовується викладачем і студентами на заняттях з математики; по-друге, ML може сприйматися як система математичних позначень; по-третє, ML включає в себе мову математичних текстів як в графічному, так і в символічному їх вигляді.

Мовні фактори, які впливають на математичну освіту, досліджувалися починаючи з середини XX ст., перше суттєве відкриття у даній області було зроблено I.H. Brune. Він, зокрема, зазначає, що «слова є ланками у ланцюжку спілкування» (Brune, 1953, р. 160), «математичні терміни являють собою ментальні конструкти, а не матеріальні цінності»; «вимовлені терміни є символами», «терміни представляють домовленості між людьми» (Brune, 1953, р. 162). Останнім часом термін «language factors in mathematics learning» («мовні фактори, які впливають на навчання математики») (Ellerton & Clarkson, 1996) став дуже популярним, він використовується в багатьох областях науки від психолінгвістики і соціолінгвістики до сфери білінгвального навчання математики.

Метою роботи є дослідження наступних аспектів білінгвального навчання математики: що дає використання англійської мови як засобу навчання для засвоєння власне математики; що дає математика як змістово-предметна область для оволодіння англійською мовою; і нарешті, що дає інтегроване навчання математики і англійської мови для розвитку когнітивних здатностей студентів.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Національному університеті

«Запорізька політехніка» з 2015 р. ведеться викладання курсу вищої математики на білінгвальній основі (англійською мовою) для студентів електротехнічного факультету, спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Наше дослідження ґрунтується на досвіді викладання цього курсу (Сніжко, 2022; 2024).

Англійська для математики. Згідно з концепцією CLIL (Marsh & Langé, 2000), білінгвальне навчання надає доступ до специфічної для предмета іншомовної термінології, готує до майбутнього навчання та професійної діяльності, а також надає можливість вивчати матеріал з різних точок зору. Оскільки два перші аспекти зрозумілі самі по собі, зосередимося на останньому: як предмет навчання може фактично отримати користь від зміни мови навчання.

Так, чеські дослідники (Hejný & Kuřina, 2001) вказують на те, що формальне відтворення учнями/студентами понять та їх властивостей є однією із основних труднощів у навчанні математики. В цьому контексті слово «формальний» використовується в сенсі «вивчений напам'ять», «без розуміння змісту поняття». Навчання з використанням іноземної мови може стати потужним інструментом виявлення таких формалізмів у знаннях, а також інструментом для їх усунення (Meyer, 2010). Ми погоджуємось з тим, що «білінгвальне навчання не лише сприяє розвитку лінгвістичної компетенції. Через різні горизонти мислення, що виникають в результаті опрацювання матеріалу іноземною мовою, інтегроване навчання також може впливати на концептуалізацію, буквально на те, як ми мислимо» (Marsh & Langé, 1999).

Ми вважаємо, що вивчення математики іноземною мовою надає студентам можливість подивитися на змістовну область з різних точок зору; нова лексика створює додаткові асоціації; нові методи, необхідні для викладання іноземною мовою, можуть викликати активний інтерес до предмета (математики) і допомогти глибше зрозуміти його суть.

Приклад 1. Формули, вивчені окремо, як частина тексту, вивчена напам'ять, часто забуваються, неправильно розуміються або змінюються студентами. Навчання засобами іноземної мови змушує студентів слідувати за формулою, заглиблюватись в її зміст, оскільки зі зміною мови навчання змінюються також назви та позначення об'єктів. Елементарним прикладом слугує українська формула для обчислення площі прямокутника:

$$S=a \cdot b,$$

яка читається як «добуток сторін прямокутника (a на b)».

Однак, англійською мовою ця формула виглядає інакше, хоча концепція та сама:

$$A=l \cdot w,$$

читається «length (l) times width (w)» (довжина, помножена на ширину). Як бачимо, і сторони прямокутника, і площа позначаються різними буквами, відповідно формули читаються по-різному. Можна навести інші приклади формул та нотацій, які виглядають та читаються по-різному англійською та українською мовами. Таким чином, іноземна мова навчання не дозволяє студентам покладатися на вивчені напам'ять букви формули, студент змушений фокусуватись на тому, щоб за різними буквами бачити конкретний зміст; це призводить до більшої зосередженості на заняттях та до кращого розуміння основних концепцій.

Приклад 2. Математичним поняттям українською мовою «область значень функції», «розмах (вибірки)», «точки, розташовані на одній прямій», «множина покриття» відповідає в усіх випадках англійський термін «range». Між відповідними українськими словами немає фонетичного, етимологічного чи візуального зв'язку, і як наслідок, зв'язок між цими поняттями для студентів видається формальним, штучним, або і взагалі відсутнім. З використанням англійської мови стає очевидною спільна природа цих понять; складеність (комплексність) поняття стає зрозумілішою.

Приклад 3. Недостатнє володіння студентами іноземною мовою також може бути використане для покращення їхніх навичок опису математичних об'єктів та для погляду на предмети з різних точок зору. Цікавий експеримент описує професор Карлового університету, Прага (Procházka, 2013). Групі студентів, які навчаються білінгвально, дали зображення плоских фігур та просторових тіл і просили описати їх спочатку рідною мовою (L1), а потім англійською (L2). Нова термінологія та назви фігур і тіл були студентам незнайомі, словників вони не мали. В той час як описи фігур і тіл мовою L1 зазвичай зводились лише до назви форми і не викликали жодного обговорення в групі, описи мовою L2 викликали інтенсивне обговорення в групі. Студенти зосереджувались на властивостях форм, порівнювали їх, рахували кількість сторін, граней, визначали їх відносно розташування тощо. Таким чином, експеримент показав, що вищі навички мислення (згідно з таксономією Блума) були активовані саме в L2: в L1 був досягнутий нижчий рівень навчальних цілей (ви-

значити, позначити, ідентифікувати), тоді як в L2 студенти спонтанно виконували навчальні дії, пов'язані з рівнями аналізу, синтезу та оцінки (порівняння, протиставлення, дослідження, формулювання, аргументація, вибір).

Наведені приклади ілюструють ті переваги, які надає використання англійської мови для навчання математики. Загалом перший приклад демонструє однаковий математичний зміст у різних нотаціях двома мовами; другий показує збагачення математичного досвіду внаслідок відмінностей L1 і L2; третій демонструє когнітивні зміни, які може дати використання L2 в навчанні математики.

Математика для англійської. Навчання математики на білінгвальному основі надає очевидні переваги для вивчення іноземної мови: покращення загальної компетенції іноземної мови, розвиток навичок усного спілкування, глибше усвідомлення як рідної, так і іноземної мови, а також розвиток мультилінгвальних інтересів. Це підтверджується численними дослідженнями. Стверджується, що серед мовних компетенцій і продуктивних навичок, на які білінгвальне навчання математики позитивно впливає, варто відзначити словниковий запас, морфологію, креативність, схильність до більшої спонтанності мовлення, плавність мовлення, більший обсяг мовлення та емоційно-афективні результати (Dalton-Puffer, 2006).

На наш погляд, істотним є наступний фактор. Практика показує, що у сучасному технічному виші іноземна мова як навчальна дисципліна продовжує залишатися ізольованою не тільки від змісту професійної освіти, але і від реальної сфери застосування іноземної мови. Ті, хто вивчає іноземну мову, часто стикаються з проблемами у ситуації «реального» спілкування. Однією з причин може бути штучність лінгвістичного середовища мовного класу, де мова розглядається як мета, а не як інструмент для реального спілкування (Hude, 2000). Білінгвальне навчання зміщує фокус; фактор змісту (математика) забезпечує контекст і тему. Отже, білінгвальне заняття з математики природно створює потребу в новій інформації: наприклад, у вищевказаному прикладі 3 ситуація спонукала студентів розширити словниковий запас. У такій ситуації мова не вивчається формально, а радше виробляється через змістовну діяльність.

Ми погоджуємось з тим, що при білінгвальному викладанні математики окрему увагу необхідно приділяти роботі з іноземною мовою (Barwell et al., 2008). Серед математичних задач багато текстових. В про-

цесі їх розв'язування студентам доводиться спілкуватись математичною мовою. Але при цьому використовуються такі слова, як, наприклад, adjacent, angle, base, chord, column, difference, divide, estimate, even, extension, factor, field, figure, find, line, mean, odd, opposite, parallel, pattern, plot, point, power, prime, product, root, row, similar, solid, table, take-away, times, value. Застосування цих слів в контексті занять з математики відрізняється від їх використання в повсякденному спілкуванні. Тобто заняття з математики англійською мовою покращують навички контекстуалізації слововживання в L2.

Вважаємо за необхідне підкреслити той факт, що математика сприяє інтегративному вивченню іноземної мови завдяки широкому спектру власних символічних позначень та візуальних засобів, оскільки мова математики (ML) створює природний місток між рідною мовою (L1) та мовою навчання (L2). Це може допомогти зняти стрес студентів, пов'язаний з незнанням того, як висловити поняття чи описати процеси. Студенти можуть покладатися на ML на перших етапах білінгвального навчання та поступово розширювати свої знання з L2.

Інтеграція математики і англійської для когніції. Роль інтегрованого навчання математики та іноземної мови у когнітивному вимірі полягає у доповненні індивідуальних стратегій навчання, диверсифікації методів та форм аудиторної практики, підвищенні мотивації студентів та покращенні їх ставлення як до мови, так і до предмету навчання (математики).

Зокрема, наведений вище приклад 3 ілюструє, як використання L2 в математиці може стимулювати розвиток навичок вищого мислення. Було доведено, що учні, які навчаються на білінгвальній основі, частіше досягають меж своїх здібностей у вираженні ідей; це в свою чергу призводить до посиленої розумової діяльності; вони наполегливіше працюють над завданнями, демонструють вищу толерантність до фрустрації та мають вищу процедурну компетентність (Vollmer et al, 2006).

Викладаючи предмет іноземною мовою, ми не лише моделюємо умови, за яких наші студенти, ймовірно, зустрінуться з мовою поза університетом; ми зміцнюємо їхню впевненість та розширюємо їхні знання, заохочуємо їхню допитливість та підвищуємо мотивацію (Nixon, 2001). Використовуючи різноманітні підходи, білінгвальне навчання забезпечує мотивуюче середовище для студентів і таким чином може позитивно змінити ставлення бага-

тьох студентів до математики (Novotná & Hofmannová, 2000).

Власний досвід білінгвального викладання вищої математики дозволив нам зробити наступні спостереження та висновки. При білінгвальному навчанні математики знімається проблема роз'єднаності мислення та мовлення іноземною мовою, оскільки існує немовленнєвий об'єкт пізнання – математичні поняття та математичні методи. Пізнавальна діяльність здійснюється в єдності з мовленнєвою діяльністю, а засвоєння предметного змісту відбувається одночасно з оволодінням засобами його вираження рідною та іноземною мовами.

В когнітивному аспекті ми спостерігаємо взаємовплив L1, L2 і ML, який проявляється наступним чином. З одного боку, освоєння іншомовної математичної інформації важливо саме по собі у плані отримання математичних знань і удосконалення математичної компетентності. Однак ще важливішим є те, що при навчанні математики за допомогою іноземної мови (як, власне, і при навчанні іноземної мови в контексті математики) відбувається співвіднесення (іноді більш глибоке, ніж при навчанні рідною мовою – оскільки важче) нових концептів, пропозицій, знаків та символів з когнітивною структурою особистості та включення їх у цю структуру. За рахунок необхідності перемикання між мовами та культурними контекстами білінгвальне навчання стимулює критичне мислення та посилює аналітичні навички студентів, що сприяє більш глибокому засвоєнню предметного змісту математичної дисципліни.

В психологічному аспекті також спостерігаємо позитивний вплив білінгвального навчання на засвоєння математики. З одного боку, очевидна наявність у студентів бар'єрів спілкування та навчальної діяльності, мовних бар'єрів, спричинених труднощами навчання математики іноземною мовою. Але подолання студентами цих психологічних бар'єрів у процесі навчання під час створення адекватних дидактичних, організаційних, психологічних умов розвиває такі необхідні для вивчення математики емоційно-вольові якості особистості, як готовність до подолання труднощів, стійкість до стресу, здатність зрозуміти та прийняти іншу точку зору.

Наостанок зауважимо, що практична реалізація отримання переваг від інтеграції математики і іноземної мови, згідно з концепцією CLIL, здійснюється з використанням наступних стратегій.

Основною стратегією є «scaffolding» – всебічна підтримка студента, яка сприяє

зменшенню когнітивного та лінгвістичного навантаження при вивченні математики іноземною мовою. Ця стратегія реалізується шляхом використання на заняттях мовних кліше, термінологічного словника, візуалізації матеріалу, мнемотехніки, надання студентам великої кількості прикладів іноземною мовою, які б давали можливість виконувати завдання самостійно.

Стратегія «make it H.O.T» передбачає розвиток мисленнєвих навичок вищого порядку. Ця стратегія може бути реалізована через систему питань, розроблених у відповідності з таксономією Блума. Наприклад, для активізації і розвитку рівня синтезу можуть бути використані інтерпретаційні питання, в формулюванні яких містяться елементи умовності, припущення, прогнозу.

Стратегія «rich input» стосується, перш за все, вибору навчальних посібників і навчального матеріалу. Так, якісні навчальні матеріали повинні мати наступні властивості:

- допомагають перетворити навчання в особистісно-значущий процес;
- розвивають когнітивні навички як нижчого, так і вищого порядку;
- є автентичними.

Використання на заняттях полікультурного компонента у якості стратегії інтегрованого предметно-мовного підходу («adding the (Inter-)cultural Dimension») надає студентам можливість ознайомити їх з різними підходами до висвітлення одного і того ж предметного змісту в різних навчальних, методичних культурах, з історією розвитку та вивчення того чи іншого поняття або явища.

Стратегія використання на заняттях парної та групової діяльності («rich interaction») залучає учасників процесу до активної взаємодії. Використовуючи свою «спрощену» мову, студенти набувають «мовленнєвої» самостійності і мають можливість практикуватися у використанні предметної лексики в обстановці, в якій вони відчують себе більш впевнено і більш розкуто.

Висновки. Підсумуємо проведений аналіз взаємовпливу математики та іноземної мови в процесі білінгвального навчання. Лінгвістична користь занять математики, проведених англійською мовою:

1) студент опрацьовує значний обсяг мовного матеріалу (лекції викладача, читання та прослуховування тематичних текстів, участь в обговореннях), що являє собою повноцінне занурення в мовне середовище;

2) робота над математичною темою дозволяє виокремити специфічні терміни,

певні мовні конструкції, що, в свою чергою, сприяє збагаченню словникового запасу студента математичною термінологією;

3) у процесі навчання студентів не обійтися без академічної мови під час обговорень: для порівняння та протиставлення, опису процесів і явищ, висловлення своєї точки зору, що сприяє розвитку продуктивного мовлення.

Переваги білінгвальних занять щодо математики:

1) сприяння глибшому розумінню суті предмета через потребу в глибокій обробці інформації. Білінгвальні заняття з математики потребують ширшого застосування мисленнєвих навичок вищого порядку порівняно із заняттями, які проводяться рідною мовою;

2) з'являється можливість для вивчення математичного контенту з різних ракурсів;

3) полегшується розуміння наукових понять. Використання другої мови зменшує ризик змішування побутових понять із науковими (коли математичний термін має також і загальнопобутовий зміст). В процесі білінгвального навчання студентам легше засвоїти наукове поняття, оскільки набуття терміна та його співвіднесення з відповідним науковим поняттям відбувається одночасно;

4) вплив на мотивацію студентів до оволодіння математичними знаннями.

Отже, використання інтегрованого предметно-мовного підходу у навчанні математики на білінгвальній основі має значний освітній потенціал, що полягає в його лінгвістичних та когнітивних перевагах, які, в свою чергу, дозволяють розглядати цей підхід як інструмент подолання когнітивних втрат, що виникають у студентів в процесі навчання.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у розробці форм та методів білінгвального навчання математики в умовах технічного університету.

Список бібліографічних посилань

- Сніжко, 2022 – Сніжко, Н.В. (2022). Про деякі аспекти білінгвального навчання в технічному виші в контексті євроінтеграції. *Науковий часопис Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Спецвипуск*, 2: 125–129.
- Сніжко, 2024 – Сніжко, Н.В. (2024). Модель білінгвального навчання математики в технічному університеті. *Проблеми освіти*, 2(101): 44–57.
- Barwell et al., 2008 – Barwell, R., Moschkovich, J., & Staats, S. (2008). Teaching and learning mathematics in multilingual classrooms. *Proceedings of the 32nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, July 17–21, Morelia, Mexico. Vol. 1, p. 202.
- Brune, 1953 – Brune, I.H. (1953). Language in mathematics. In H. F. Fehr (Ed.), *The learning of mathematics: Its theory and practice* (pp. 156–191).

- Washington, DC: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Coyle, 2006 – Coyle, D. (2006). Developing CLIL: Towards a theory of practice. In *Monograph 6 APAC* (pp. 5–29). Barcelona.
- Dalton-Puffer, 2006 – Dalton-Puffer, C. (2006). Outcomes and processes in Content and Language Integrated Learning (CLIL): Current research from Europe. In W. Delany & L. Volkmann (Eds.), *Future perspectives for English language teaching*. Heidelberg, Germany: Carl Winter.
- Ellerton & Clarkson, 1996 – Ellerton, N.F., & Clarkson, P.C. (1996). Language factors in mathematics teaching and learning. In A.J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.), *International handbook of mathematics education* (Vol. 4, pp. 987–1033). Dordrecht: Springer.
- Hejný & Kuřina, 2001 – Hejný, M., & Kuřina, F. (2001). *Dítě, škola, matematika*. Praha, ČR: Portál.
- Hejný, 1990 – Hejný, M. (1990). *Teória vyučovania matematice*. Bratislava: SPN.
- Hyde, 2000 – Hyde, B. (2000). Teachers as learners: Beyond language learning. *ELT Journal*, 54(3): 265–273.
- Laborde, 1990 – Laborde, C. (1990). The role of language in the teaching and learning of mathematics. In *2nd Bratislava International Symposium on Mathematics Education* (pp. 22–36). Bratislava.
- Marsh & Langé, 2000 – Marsh, D. & Langé, G., 2000. *Using languages to learn and learning to use languages: an introduction to content and language integrated learning for parents and young people*. University of Jyväskylä. 156 p.
- Marsh, & Langé, 1999 – Marsh, D., & Langé, G. (1999). *Implementing Content and Language Integrated Learning*. Jyväskylä, Finland: Continuing Education Centre, University of Jyväskylä.
- Mehisto et al., 2008 – Mehisto, P., Frigols, M. J., & Marsh, D. (2008). *Uncovering CLIL: Content and language integrated learning and multilingual education*. Oxford, United Kingdom: Macmillan Education.
- Meyer, 2010 – Meyer, O. (2010). Towards quality CLIL: Successful planning and teaching strategies. *Pulso: Revista de Educación*, 33: 11–29.
- Nixon, 2001 – Nixon, J. (2001). *Quality in SPRINT: Towards quality assessment and assurance in content and language integrated education: A field report*. Stockholm: Skolverket.
- Novotná & Hofmannová, 2000 – Novotná, J., & Hofmannová, M. (2000). CLIL and mathematics education. URL: https://www.researchgate.net/publication/228491266_CLIL_and_mathematics_education
- Pimm, & Keynes, 1994 – Pimm, D., & Keynes, M. (1994). Mathematics classroom language: Form, function and force. In R. Biehler, R. Sholz, R. Sträber, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of mathematics as a scientific discipline* (pp. 159–169). Dordrecht: Kluwer.
- Prochazkova, 2013 – Prochazkova, L.T. (2013). Mathematics for language, language for mathematics. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1: 23–28.
- Vollmer et al., 2006 – Vollmer, H.J., Heine, L., Troschke, R., Coetzee, D., & Küttel, V. (2006). Subject-specific competence and language use of CLIL learners: The case of geography in grade 10 of secondary schools in Germany. Presented at the *ESSE8 Conference*, London, pp. 22–25.
- Snizhko, N.V. (2022). About some aspects of bilingual education in the technical higher school in the context of European integration. *Scientific journal of M.P. Dragomanov National Pedagogical University. Series 5. Pedagogical Sciences: Realities and Perspectives, Special Issue*, 2: 125–129 [in Ukr.].
- Snizhko, N.V. (2024). Model of bilingual mathematics teaching at a technical university. *Problems of Education*, 2(101), 44–57 [in Ukr.].
- Barwell, R., Moschkovich, J., & Staats, S. (2008). Teaching and learning mathematics in multilingual classrooms. *Proceedings of the 32nd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, July 17–21, Morelia, Mexico. Vol. 1, p. 202.
- Brune, I.H. (1953). Language in mathematics. In H.F. Fehr (Ed.), *The learning of mathematics: Its theory and practice* (pp. 156–191). Washington, DC: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Coyle, D. (2006). Developing CLIL: Towards a theory of practice. In *Monograph 6 APAC* (pp. 5–29). Barcelona.
- Dalton-Puffer, C. (2006). Outcomes and processes in Content and Language Integrated Learning (CLIL): Current research from Europe. In W. Delany & L. Volkmann (Eds.), *Future perspectives for English language teaching*. Heidelberg, Germany: Carl Winter.
- Ellerton, N.F., & Clarkson, P.C. (1996). Language factors in mathematics teaching and learning. In A.J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.), *International handbook of mathematics education* (Vol. 4, pp. 987–1033). Dordrecht: Springer.
- Hejný, M., & Kuřina, F. (2001). *Dítě, škola, matematika*. Praha, ČR: Portál.
- Hejný, M. (1990). *Teória vyučovania matematice*. Bratislava: SPN.
- Hyde, B. (2000). Teachers as learners: Beyond language learning. *ELT Journal*, 54(3): 265–273.
- Laborde, C. (1990). The role of language in the teaching and learning of mathematics. In *2nd Bratislava International Symposium on Mathematics Education* (pp. 22–36). Bratislava.
- Marsh, D. & Langé, G., 2000. *Using languages to learn and learning to use languages: an introduction to content and language integrated learning for parents and young people*. University of Jyväskylä. 156 p.
- Marsh, D., & Langé, G. (1999). *Implementing Content and Language Integrated Learning*. Jyväskylä, Finland: Continuing Education Centre, University of Jyväskylä.
- Mehisto, P., Frigols, M. J., & Marsh, D. (2008). *Uncovering CLIL: Content and language integrated learning and multilingual education*. Oxford, United Kingdom: Macmillan Education.
- Meyer, O. (2010). Towards quality CLIL: Successful planning and teaching strategies. *Pulso: Revista de Educación*, 33: 11–29.
- Nixon, J. (2001). *Quality in SPRINT: Towards quality assessment and assurance in content and language integrated education: A field report*. Stockholm: Skolverket.
- Novotná, J., & Hofmannová, M. (2000). CLIL and mathematics education. URL: https://www.researchgate.net/publication/228491266_CLIL_and_mathematics_education
- Pimm, D., & Keynes, M. (1994). Mathematics classroom language: Form, function and force. In R. Biehler, R. Sholz, R. Sträber, & B. Winkelmann (Eds.), *Didactics of mathematics as a scientific discipline* (pp. 159–169). Dordrecht: Kluwer.
- Prochazkova, L.T. (2013). Mathematics for language, language for mathematics. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 1: 23–28.
- Vollmer, H.J., Heine, L., Troschke, R., Coetzee, D., & Küttel, V. (2006). Subject-specific competence and language use of CLIL learners: The case of geography in grade 10 of secondary schools in Germany. Presented at the *ESSE8 Conference*, London, pp. 22–25.

SNIZHKO Nataliia

Ph.D in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mathematics, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

**BILINGUAL MATHEMATICS LEARNING THROUGH THE LENS OF LANGUAGE INTERACTION:
COGNITIVE EFFECTS OF INTEGRATING NATIVE, FOREIGN AND MATHEMATICAL LANGUAGES**

Summary. *Introduction.* In recent decades, the integration of bilingual instruction in higher technical education has become increasingly significant, especially in the context of globalization and European integration. Mathematics, as a core discipline in technical universities, presents specific challenges when taught through a foreign language. The study explores how combining the native language (Ukrainian), a foreign language (English), and the language of mathematics influences students' cognitive development and educational outcomes.

Purpose. The aim of this study is to investigate the cognitive and linguistic effects of bilingual mathematics instruction at a technical university. The study focuses on three interrelated questions: what does English as a medium of instruction offer for understanding mathematics, what does mathematics offer for foreign language acquisition, and how does their integration affect students' cognitive skills.

Methods. The study is based on qualitative analysis and reflective generalization of classroom experience accumulated over several years of bilingual mathematics instruction at National University Zaporizhzhia Polytechnic. Empirical examples, observations, and student activities were analyzed through the lens of CLIL (Content and Language Integrated Learning) methodology.

Results. Findings demonstrate that using English to teach mathematics enhances deeper comprehension of mathematical concepts, fosters academic language development, and promotes higher-order thinking. Several teaching strategies were shown to reduce cognitive overload and support both subject learning and language acquisition. Specific examples from bilingual classes highlight how bilingual teaching/learning encourages reflection, focus, and re-conceptualization of mathematical ideas.

Originality. The author's vision of the benefits of bilingual mathematics teaching/learning in the cognitive aspect is proposed. The article provides evidence of mutual reinforcement between the study of mathematics and the study of a foreign language. **Conclusion.** Bilingual instruction in mathematics provides measurable benefits both in language proficiency and subject understanding. It deepens conceptual learning, increases motivation, supports cognitive flexibility, and can compensate for learning difficulties.

Keywords: higher mathematics; cognitive skills; bilingual teaching/learning; integrative content and language integrated learning; mathematical language.

Одержано редакцією 29.07.2025
Прийнято до публікації 18.08.2025