



УДК 378.147:51+81'246

[https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2\(44\)-1820-1834](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-2(44)-1820-1834)

Сніжко Наталія Вікторівна кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри математики Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, <https://orcid.org/0000-0003-4547-5934>

ПЕДАГОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ПОБУДОВИ МОДЕЛІ БІЛІНГВАЛЬНОГО НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Анотація. У статті обґрунтовано доцільність використання педагогічного моделювання як методологічної основи побудови моделі білінгвального навчання математики в умовах технічного університету. Актуальність дослідження зумовлена процесами інтернаціоналізації вищої освіти, зростанням ролі англійської мови як засобу академічної та професійної комунікації, а також потребою підготовки конкурентоспроможних фахівців інженерно-технічного профілю.

Проаналізовано наукові підходи до визначення поняття «модель» та «педагогічна модель», розкрито сутність і функції моделювання в освітньому процесі.

Узагальнено типології освітніх і дидактичних моделей, визначено їх можливості та обмеження щодо використання у вищій технічній школі.

Доведено, що модель білінгвального навчання математики має відповідати відкритій освітній парадигмі, поєднувати ознаки семіотичних та імітаційних моделей і бути побудованою за структурно-функціональним принципом.

Обґрунтовано вимоги до валідності моделі, зокрема її системність, цілісність, ієрархічність, емерджентність, функціональність і синергетичність. Виокремлено та схарактеризовано основні структурні компоненти моделі білінгвального навчання математики: цільовий, концептуальний, змістовий, технологічно-операційний та оцінювально-результативний.

Обґрунтовані в статті теоретико-методологічні положення визначають тип, архітектуру та принципові засади побудови моделі білінгвального навчання математики студентів технічних спеціальностей, і можуть слугувати теоретичною основою для та розроблення відповідної дидактичної моделі в освітній практиці.

Ключові слова: педагогічне моделювання, білінгвальне навчання, математика, технічний університет, дидактична модель, білінгвальна предметна компетентність.



Snizhko Nataliia Viktorivna Candidate of Science (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mathematics, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, <https://orcid.org/0000-0003-4547-5934>

PEDAGOGICAL MODELING AS A BASIS FOR DESIGNING A MODEL OF BILINGUAL MATHEMATICS TEACHING AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Abstract. The article substantiates the feasibility of using pedagogical modeling as a methodological basis for designing a model of bilingual mathematics instruction at a technical university. The relevance of the study is determined by the processes of internationalization of higher education, the increasing role of English as a means of academic and professional communication, and the need to train competitive engineering specialists. Scientific approaches to defining the concepts of “model” and “pedagogical model” are analyzed, and the essence and functions of modeling in the educational process are revealed. The typologies of educational and didactic models are generalized, and their potential and limitations for application in higher technical education are identified.

It is proved that a model of bilingual mathematics instruction should correspond to an open educational paradigm, combine features of semiotic and simulation models, and be built according to a structural-functional principle. The requirements for model validity are substantiated, including its systemic nature, integrity, hierarchy, emergence, functionality, and synergy. The main structural components of the bilingual mathematics instruction model are identified and characterized: target, conceptual, content-related, technological-operational, and evaluative-resultative.

The theoretical and methodological provisions substantiated in the article define the type, architecture, and fundamental principles for designing a model of bilingual mathematics instruction for students of technical specialties and may serve as a theoretical basis for further applied research and for the development of an appropriate didactic model in educational practice.

Keywords: pedagogical modeling, bilingual teaching/learning, mathematics, technical university, didactic model, bilingual subject competence.

Постановка проблеми. Глобалізаційні процеси в міжнародному освітньому просторі та сучасні тенденції полікультурної підготовки фахівців зумовлюють необхідність модернізації системи вищої освіти України на засадах нової гуманістичної парадигми. У цьому контексті актуалізується проблема оновлення змісту й методів професійної підготовки студентів з урахуванням вимог міжнародної академічної та фахової комунікації.



Однією з провідних тенденцій сучасної освіти є зростання ролі англійської мови як універсального засобу міжнародного спілкування, що зумовило її використання у викладанні фахових дисциплін у закладах вищої освіти різних країн. В Україні це проявляється у впровадженні білінгвального навчання, яке ґрунтується на поєднанні української та англійської мов і відповідає європейському вектору розвитку вищої освіти.

З методологічної позиції білінгвальне навчання розглядається як інтегративний дидактичний підхід, у межах якого іноземна мова виконує функцію засобу опанування предметного змісту та професійної термінології.

Математика як базова фундаментальна дисципліна інженерно-технічної освіти створює підґрунтя для опанування спеціалізованих фахових курсів, що обґрунтовує доцільність розроблення науково обґрунтованої моделі білінгвального навчання вищої математики у технічному закладі вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Моделювання є одним із провідних методів наукового пізнання та широко застосовується у педагогічних дослідженнях. Його інтегративний характер зумовлений поєднанням емпіричного й теоретичного рівнів наукового пізнання, що дає змогу в процесі проектування педагогічної діяльності або створення педагогічних об'єктів спиратися як на результати експериментальної роботи, так і на логічне конструювання та наукові абстракції. Використання методу моделювання забезпечує цілісне осмислення предмета дослідження й створює підґрунтя для науково обґрунтованого прогнозування результатів освітнього процесу.

Проблематика педагогічного моделювання ґрунтовно представлена в працях вітчизняних учених (С. С. Вітвицька, О. А. Дубасенюк, Є. О. Лодатко, Л. Ю. Мартинова, В. А. Штофф та ін.), однак аналіз наукових джерел засвідчує недостатню розробленість питань побудови конкретних дидактичних моделей навчання фахових дисциплін у технічних закладах вищої освіти. Особливої уваги потребує проблема створення моделей білінгвального навчання, які б урахували специфіку фундаментальних дисциплін і професійну спрямованість підготовки майбутніх інженерів, оскільки на сьогодні такі моделі в освітній теорії та практиці фактично відсутні.

Мета статті – теоретично обґрунтувати педагогічне моделювання як методологічну основу побудови моделі білінгвального навчання математики в умовах технічного університету та визначити її структурно-функціональні компоненти, спрямовані на формування білінгвальної предметної компетентності майбутніх інженерів.

Виклад основного матеріалу. У сучасній педагогіці існують різноманітні підходи до визначення поняття «модель». Наприклад, Є. О. Лодатко дає наступне означення: «педагогічна модель – уявна система, що імітує чи відображає певні властивості, ознаки, характеристики об'єкта дослідження,



принципи його внутрішньої організації або функціонування, та презентована у вигляді культурної форми, властивої для певної соціокультурної практики» [1]. Інше визначення моделі: «абстрактне подання теорії, її операціоналізація, яку можна передати емпіричним шляхом» [2, с. 339]. У побудові моделей використовують конструкти та концепти. Конструкти – уявлення, які дослідник може визначити змістовно та виміряти за допомогою певної кількості індикаторів, концепти – це загальні положення, утворені з використанням конструктивів. Основна вимога до моделі – це її «адекватність, тобто відповідність реальній дійсності, суттєвим властивостям об'єкта» [3, с. 516].

Однією з ключових характеристик будь-якої моделі є її узагальненість. Це означає певний рівень спрощення чи схематизації об'єкта, що дає змогу виділити головне та істотне, абстрагуючись від другорядних деталей. Простота чи складність моделі безпосередньо залежить від завдань дослідження: для вирішення нескладних педагогічних ситуацій достатньо простих моделей, тоді як управління складними процесами чи глибокий аналіз педагогічних явищ вимагає створення багаторівневих, структурованих і більш детальних моделей.

Важливі ознаки поняття «модель» докладно розкрив В. А. Штофф. На його думку, модель є «уявною або матеріально реалізованою системою, яка відображає чи відтворює об'єкт дослідження й, відповідно, здатна замінювати його настільки, що її вивчення надає нам нову інформацію про сам об'єкт» [4]. Таким чином, модель не просто копіює певний фрагмент реальності, а виступає інструментом наукового пізнання, дозволяючи отримати знання, які важко або неможливо здобути шляхом безпосереднього спостереження. Звідси випливає, що моделювання є процесом ідеалізації реального об'єкта, коли дослідник цілеспрямовано виокремлює суттєві характеристики, сторони чи аспекти явища, аби створити його спрощений, але водночас інформативний аналог для подальшого вивчення. Цей метод дозволяє одночасно зберегти наукову точність і зробити складні явища доступними для аналізу.

У педагогіці моделювання виконує не лише дослідницьку, а й практичну функцію: воно допомагає прогнозувати результати навчального процесу, оптимізувати методики викладання, структурувати навчальний матеріал і створювати умови для ефективного управління розвитком особистості студента. Окрім того, у вищій школі моделювання використовується також як засіб інтеграції навчального процесу з професійною діяльністю студентів, формуючи в них не лише теоретичні знання, а й практичні навички, необхідні для майбутньої роботи [5].

Зазначимо, що система освіти загалом (як і модель навчання у вищій школі) може мати внутрішню або зовнішню орієнтацію. Такий вибір значною мірою зумовлений особливостями освітнього простору країни, її соціально-політичними умовами, а також загальними цілями, які ставляться перед навчанням.



Внутрішня орієнтація освітньої моделі спрямована переважно на задоволення потреб держави у кваліфікованих кадрах. У такому випадку освіта функціонує як відносно замкнена система, орієнтована на підготовку випускників для роботи виключно у межах національного ринку праці. Головним результатом діяльності такої системи є не всебічно розвинена особистість, а радше функціональний виконавець державної політики, який здатний забезпечити потреби країни у спеціалістах певного профілю.

Натомість зовнішня орієнтація освітньої системи, характерна для демократичних суспільств, передбачає розширення можливостей випускників. Вона надає їм професійну свободу, стимулює розвиток особистих здібностей і навичок, що можуть бути використані як на внутрішньому, так і на міжнародному ринку праці. Такий підхід сприяє формуванню професійної мобільності, створює умови для постійного оновлення знань, перекваліфікації та інтеграції у глобальний освітній і професійний простір [6].

Отже, орієнтація та спрямованість системи освіти виступають ключовими чинниками, що впливають на концептуальні підходи до побудови моделей навчання. Вони визначають умови функціонування освітніх закладів, пріоритети розвитку та результативність освітнього процесу. Саме від цих орієнтирів залежить, чи буде освіта слугувати лише інструментом реалізації державної політики, чи стане простором для формування особистісної та професійної автономії людини.

Беручи до уваги парадигмальні характеристики системи освіти (внутрішня та зовнішня спрямованість, орієнтація на певні суспільні цінності), Є. О. Лодатко виокремив чотири основні типи моделей освітніх систем: замкнену, прагматичну, розвинену та відкриту [7].

Замкнена модель освіти характеризується зосередженістю на реалізації інтересів вузького кола осіб чи соціальних груп. Вона не передбачає оновлення чи збагачення знань, не сприяє гармонійному розвитку особистості, а навчання в її межах ґрунтується на обмеженому уявленні про навколишній світ. Головною метою є відтворення та закріплення ідеологічних цінностей, що панують у суспільстві.

Така модель здебільшого обслуговує потреби держави у підтриманні стабільності, але обмежує індивідуальну свободу та критичне мислення.

Прагматична модель освіти орієнтована на підготовку майбутніх фахівців до виконання професійних завдань у межах національної економіки. Її головний акцент робиться на оволодінні конкретними знаннями й уміннями, необхідними для професійної діяльності. Водночас розвиток особистості, формування світоглядних орієнтирів чи творчих здібностей відходить на другий план. Тобто така модель є корисною з утилітарної точки зору, однак її освітній результат є доволі обмеженим.



Розвинена модель освіти спрямована на засвоєння знань у «чистому вигляді», що поєднується зі збалансованим урахуванням потреб суспільства й особистості. Вона забезпечує стійке функціонування освітньої системи та здатна задовольняти як інтереси держави, так і індивідуальні освітні запити. Реалізація цієї моделі можлива за умов високого рівня розвитку науки та значного обсягу накопичених знань у суспільстві. Вона вимагає панування демократичних цінностей, оскільки навчальний процес у такій системі ґрунтується не на жорстких регламентах, а на гнучких, варіативних підходах до організації освітньої діяльності.

Відкрита модель освіти є найперспективнішою, оскільки поєднує орієнтацію на набуття нових знань із розвитком особистості здобувача освіти як активного суб'єкта навчання та носія інтелектуального потенціалу. Навчальний процес у цій моделі базується на широкому використанні вже накопичених суспільством знань, але водночас ставить за мету створення нових, більш високого рівня. Випускник такої системи має високий рівень адаптивності у професійному середовищі, відзначається мобільністю, здатністю швидко інтегруватися у змінні умови, а також володіє рисами полікультурності, що дає йому конкурентні переваги в умовах глобалізованого світу. Ми вважаємо, що саме відкрита модель освіти є ключовою для формування людського капіталу держави та для спрощення процесів інтернаціоналізації й інтеграції не лише в освітній сфері, а й у ширшому контексті суспільного розвитку.

Очевидно, що модель білінгвального навчання математики майбутніх фахівців-інженерів з точки зору наведеної класифікації є відкритою освітньою моделлю.

Результатом процесу моделювання виступає модель як специфічний засіб відтворення певного об'єкта, явища чи процесу. Усі моделі можна поділити на кілька основних типів [7]:

- фізичні моделі – вони мають природу, подібну до оригіналу, і здатні безпосередньо відобразити його властивості та функціонування;
- речово-математичні моделі – їхня фізична природа відрізняється від прототипу, однак вони відтворюють і пояснюють закономірності поведінки досліджуваного об'єкта;
- логіко-семіотичні моделі – побудовані за допомогою спеціальних знаків, символів, схем і формул, які репрезентують структуру та властивості прототипу у знаково-символічній формі.

Очевидно, що між названими видами моделей не існує жорстких меж. Навпаки, у процесі наукового пошуку чи педагогічного конструювання вони можуть взаємодіяти та запозичувати одна в одній окремі риси. Наприклад, фізична модель може супроводжуватися знаково-графічним описом, а логіко-семіотична модель інколи вимагає математичного підґрунтя для точнішого



відтворення властивостей досліджуваного об'єкта. Така гнучкість і взаємодоповнюваність робить моделювання універсальним інструментом у науці й педагогіці.

Стосовно предмета моделювання (чи це властивості, характеристики, ознаки об'єкту, чи це принципи внутрішньої організації об'єкту, чи це принципи функціонування об'єкту) науковці виділяють базові типи педагогічних моделей:

- змістові моделі – тип педагогічних моделей, у яких предметом моделювання виступає зміст досліджуваного педагогічного об'єкта, який утворений сукупністю певних атрибутів (властивостей, ознак, характеристик тощо), які є основою його специфікації;

- структурні моделі – тип педагогічних моделей, у яких предметом моделювання є структура досліджуваного педагогічного об'єкта разом із зв'язками, характерними для її складових;

- функціональні моделі – тип педагогічних моделей, у яких предметом моделювання є орієнтованість досліджуваного об'єкта на реалізацію певних, педагогічно значущих функцій.

Педагогічні об'єкти, про які йдеться, – це насамперед події та явища (феноменологічні), дії (впливи), відносини (індивідів), процеси (стану), умови (фактори), зв'язки (залежності), що продукуються та існують у межах вітчизняного педагогічного кластера як невід'ємної складової сучасного соціокультурного простору [8, с. 56]. Базові типи педагогічних моделей слугують основою для утворення похідних типів моделей, основа яких формується подвійним предметом моделювання: структурно-змістових, структурно-функціональних, функціонально-змістових.

Очевидно, що згідно з вказаною типологією моделей білінгвального навчання математики у ЗВО можна віднести до структурно-функціональних моделей, оскільки вона моделює структуру процесу білінгвального навчання математики в умовах технічного університету, зв'язки між компонентами цієї структури та націлена на конкретну мету – здобуття студентами білінгвальної предметної компетенції [9; 10].

У результаті ґрунтовних теоретичних досліджень проблеми моделювання в освіті С. У. Гончаренком було запропоновано класифікацію освітніх моделей з виокремленням трьох основних їх різновидів [11, с. 290]:

- описові моделі – відображають завдання, структуру та основні елементи освітньої практики. Вони дають узагальнене уявлення про навчальний процес, його цілі, принципи організації, методи та засоби реалізації, а також про форми та види навчальної діяльності;

- функціональні моделі – демонструють взаємозв'язки освіти з навколишньою дійсністю та суміжними науками. Завдяки їм можливо виокремити та інтегрувати інформацію з різних наукових галузей відповідно до змісту



навчальних дисциплін, що сприяє поглибленню й розширенню знань студентів. Упорядковане відтворення цих зв'язків підвищує ефективність освітнього процесу як у змістовому, так і в організаційному аспектах;

- прогностичні моделі – забезпечують науково обґрунтоване бачення перспектив розвитку освітньої практики в майбутньому. Вони спрямовані на прогнозування можливих змін і вдосконалення елементів навчального процесу, зокрема впровадження новітніх методів та технологій навчання, таких як інтерактивні, евристичні чи рефлексивні підходи.

Вказана типологія дозволяє систематизувати освітній процес у його узагальненому вигляді та розглядати його як цілісну систему. Так, описові моделі формують базове уявлення про структуру навчання та його дидактичні основи. Функціональні моделі забезпечують глибший міждисциплінарний підхід, розкриваючи внутрішні та зовнішні зв'язки освіти. Прогностичні моделі допомагають зорієнтувати освітню діяльність на майбутні потреби суспільства, прогножуючи вплив нових форм і методів навчання на формування знань та компетентностей. Водночас на наш погляд, зазначена класифікація має й певні обмеження. Зазначені освітні моделі занадто узагальнені й не завжди придатні для безпосереднього застосування у практичній діяльності викладача. Вони не передбачають, наприклад, конкретизації навчальних цілей відповідно до окремих частин навчальної програми, визначення змісту навчання кожного розділу, добору методів і засобів для їх досягнення, а також системної організації контролю результатів. Саме тому такі моделі потребують подальшого уточнення й конкретизації, аби стати дієвим інструментом педагогічної практики.

Що стосується дидактичних моделей, розроблених для системного вивчення деякого змісту, – тут дослідники виокремлюють кілька різновидів навчальних моделей, кожна з яких виконує специфічну функцію у формуванні знань, умінь та компетентностей студентів [12; 13]:

- семіотичні моделі – передбачають систему завдань, пов'язаних із роботою з текстом як особливою семіотичною системою. Вони спрямовані на опрацювання та трансформацію знакової інформації, розвиток умінь аналізу, інтерпретації й кодування знань у різних формах;

- імітаційні моделі – орієнтовані на вихід здобувачів освіти за межі суто текстового матеріалу шляхом співвіднесення отриманої інформації з реальними або змодельованими ситуаціями майбутньої професійної діяльності. Такі моделі допомагають створювати навчально-професійні контексти, максимально наближені до практики;

- соціальні моделі – надають додаткової динаміки колективним формам навчальної взаємодії. Вони підсилюють комунікативний компонент навчання, стимулюють розвиток навичок співпраці, відповідальності та розподілу ролей у групі;



- професійно-діяльнісні моделі – спонукають здобувачів освіти до розв'язання поступово ускладнених професійних завдань як у типових, так і в непередбачуваних, спонтанно виникаючих ситуаціях. Цей тип моделей безпосередньо формує практичну готовність до майбутньої професійної діяльності, розвиваючи гнучке мислення й здатність до прийняття рішень.

Завдяки такому різноманіттю навчальні моделі дозволяють комплексно впливати на освітній процес, поєднуючи пізнавальні, практичні та соціальні аспекти розвитку особистості. Ми вважаємо, що згідно з цією класифікацією модель білінгвального навчання математики в технічному університеті повинна мати частково ознаки семіотичної (враховуючи власне предмет вивчення) та імітаційної (враховуючи роль математики в інженерній освіті).

Побудова дидактичної моделі передбачає створення певної схеми для організації навчання [14]: висунути передбачувані цілі навчання; відібрати таку частину змісту, яка б ґрунтувалася на знаннях попередньої частини; уявити собі ті види знань і умінь, які можна досягти у даній віковій групі за відведений проміжок часу; спланувати завдання, за допомогою яких більшість студентів зможуть засвоїти відібраний навчальний матеріал; продумати, які засоби навчання виявляться найбільш дієвими для посилення засвоєння матеріалу; і нарешті припустити, яким чином можливо проконтролювати досягнуті результати навчання.

Ми вважаємо, що дидактична модель білінгвального навчання математики повинна відображати системність у розгортанні всієї навчально-педагогічної діяльності, але не конкретизувати її варіативні складові такі як: деталізацію змісту навчального предмета на кожне заняття; програму вивчення; навчальні плани, що відповідають програмі; кількість відведеного часу вивчення кожної теми тощо.

Дослідники-педагоги відзначають наступні необхідні складові дидактичної моделі навчання: організаційна, змістова, процесуальна [15].

Організаційна складова представлена етапами навчання, які визначаються за домінуючим видом навчальної діяльності. Новий матеріал спочатку сприймається і осмислюється, що відповідає рецептивній навчальній діяльності. Вона проявляється у слуханні нового матеріалу, а потім закріпленні сприйнятого шляхом його читання у підручнику. Продовжується засвоєння нової інформації шляхом відтворення почутого та прочитаного, тобто в процесі репродуктивної навчальної діяльності, яка може здійснюватися як в усній, так і в письмовій формі.

Її реалізація дозволяє студентам продумати можливості практичного застосування здобутих знань. Такий рівень володіння матеріалом відповідає продуктивній навчальній діяльності. У деяких випадках він достатній для введення наступної частини нового матеріалу. В інших випадках засвоєння



матеріалу триває в процесі творчої навчальної діяльності. Вона передбачає як самостійне розширення знань, так і їх застосування у нестандартних умовах.

Змістова складова процесу навчання ґрунтується на меті навчання та його етапах. Елементи предмету навчання – ті частини навчального змісту, що підлягають засвоєнню. Ми вважаємо, що поділ предмета навчання на елементи – одне з найважливіших завдань дослідника. По-перше, ці частини за обсягом мають бути доступні для засвоєння більшості студентів за одиницю часу; по-друге, ці частини повинні пропонуватися в такій послідовності, щоб кожна наступна базувалася на змісті попередньої, а кожна попередня передбачала за змістом наступну; по-третє, кожна наступна частина матеріалу, що вивчається, повинна включати попередній для недопущення забування всього вивченого та системного розширення придбаних знань та встановлюваних умінь. У змістову складову також входять компоненти змісту навчання, які передбачають визначення типів знань, умінь та навичок для забезпечення практичним володінням матеріалом, що вивчається.

Процесуальна складова процесу навчання передбачає встановлення методів навчання (форми презентації інформації та її активізації до рівня її засвоєння та розвитку умінь її практичного застосування), засобів навчання (полегшують сприйняття матеріалу, його осмислення, запам'ятовування та застосування) та контроль результатів навчання (визначає рівень досягнення висунутих цілей навчання та, таким чином, ефективність всього процесу навчання).

Варто зауважити, що в процесі аналізу науково-теоретичних джерел та результатів створення реальних дидактичних моделей навчання нами виявлено неоднозначність поглядів науковців на поняття «дидактична модель», «модель підготовки фахівця». Не дивлячись на велику різноманітність типології дидактичних моделей, теорія і практика педагогічного моделювання поки що не вирішила завдання створення моделі навчання, яка була би абсолютно тотожна реальному процесу навчання. Неможливість створення таких ідеальних моделей очевидно впливає з відомих теорем Гьоделя [16]. Перша теорема стверджує, що логіко-математична система завжди буде неповною відносно нової інформації, яка постійно з'являється; тому формалізувати всю змістову частину системи принципово неможливо. У другій теоремі йдеться про неможливість довести несуперечність формальної системи засобами самої цієї системи. Звідси цілком очевидно, що ніяка педагогічна модель, що розробляється, не може передбачити та схематично зобразити всі обставини, які спонтанно виникають у процесі навчання.

У зв'язку з цим виникає проблема валідності моделі навчання, тобто ступеня відповідності моделі тим педагогічним явищам, процесам чи об'єктам, які вона покликана відображати [17]. Інакше кажучи, валідна педагогічна модель



– це така, що реально відтворює сутнісні властивості навчально-виховного процесу та дозволяє отримати достовірні результати при її використанні.

Основою валідності моделі навчання є її системність. Як відомо, основними методологічними характеристиками системи є: цілісність (зміна будь-якого компонента системи впливає на всі інші компоненти та змінює систему в цілому, і навпаки, будь-яка зміна системи відгукнеться на її компонентах), ієрархічність (дана система може бути розглянута як елемент системи вищого порядку, а кожен її елемент, у свою чергу, може бути системою нижчого порядку), емерджентність (сума властивостей елементів не дорівнює властивостям системи, а властивість усієї системи залежить не від суми властивостей її елементів, а від взаємозв'язку та взаємозалежності їх одне від одного), функціональність (всі елементи системи діють і взаємодіють у межах своїх функціональних призначень), синергетичність (розпад зв'язків одного компонента системи з попереднім або наступним може призвести до біфуркації всієї системи, а надалі і до її розпаду).

Отже, для того, щоб модель білінгвального навчання математики в технічному університеті була валідною, необхідно, щоб вона відповідала статусу системної. Її цілісність повинна проявлятися у тому, що зміна будь-якої ланки або зміна послідовності ланок порушить не лише логіку процесу навчання, а й призупинить його реалізацію. Її ієрархічність повинна проявлятися у тому, що вся представлена модель як ціле є структурою вищого порядку, ніж зміст її кожної ланки.

Її емерджентність повинна проявлятися у тому, що проста сума представлених ланок не призведе до здійснення процесу навчання; він забезпечується взаємозв'язком цих ланок за встановленою нами формою. Її функціональність повинна проявлятися у тому, що кожна ланка виконує таку функцію, яка виходить з попередньої, та зумовлює функцію наступної ланки. Її синергетичність повинна проявлятися у тому, що жодна ланка не підлягає біфуркації; інакше її руйнування обов'язково призведе до руйнування всього процесу навчання загалом. Саме така модель забезпечить дидактичну послідовність планування викладання предмета і досить високу результативність його засвоєння.

Враховуючи зазначені особливості різних типів і видів педагогічних моделей, а також особливості математичної підготовки фахівців інженерно-технічного профілю на білінгвальній основі, ми вважаємо, що модель білінгвального навчання математики в умовах технічного університету повинна бути відкритою, мати ознаки семіотичної та імітаційної, бути побудованою за структурно-функціональною архітектурою. Модель повинна бути цілісною, ієрархічною, емерджентною, функціональною, синергетичною, що забезпечить її системність, а отже, і валідність.



У процесі моделювання потрібно враховувати те, що модель створюється на основі єдності мети, завдань, різноманітних видів діяльності, організаційних форм, критеріїв функціонування її як системи [15; 18]. Тому ми виділяємо наступні структурні компоненти моделі білінгвального навчання математики в технічному університеті:

- цільовий (мета та завдання білінгвального навчання математики);
- концептуальний (наукові підходи та принципи навчання математики на білінгвальній основі);
- змістовий (компоненти змісту білінгвального навчання, критерії відбору змісту білінгвального навчання математики, які передбачають поетапне ускладнення предметного і мовного матеріалу, а також їх інтеграцію);
- технологічно-операційний (етапи та рівні реалізації білінгвального навчання математики, організаційні форми білінгвального навчання, методи білінгвального навчання (як загальнодидактичні, так і специфічні), засоби навчання);
- оцінювально-результативний (критерії сформованості компонентів білінгвальної предметної компетенції з математики, рівні сформованості білінгвальної предметної компетенції з математики).

Висновки. Таким чином, у ході дослідження встановлено, що педагогічне моделювання є ефективним інструментом наукового обґрунтування та проектування білінгвального навчання математики у технічному університеті. З'ясовано, що модель білінгвального навчання математики в технічному університеті повинна відповідати відкритій освітній парадигмі, враховувати специфіку математичної підготовки майбутніх інженерів і забезпечувати інтеграцію предметного та мовного компонентів навчання. Обґрунтовано, що найбільш адекватною формою реалізації такого підходу є структурно-функціональна модель, зорієнтована на формування білінгвальної предметної компетенції з математики.

Визначено, що валідність моделі білінгвального навчання математики забезпечується її системністю, яка проявляється у цілісності, ієрархічності, емерджентності, функціональності та синергетичності всіх структурних компонентів. Виокремлені цільовий, концептуальний, змістовий, технологічно-операційний та оцінювально-результативний компоненти створюють теоретичне підґрунтя для подальшого розроблення методик і технологій білінгвального навчання математики та їх упровадження у практику технічних закладів вищої освіти.

Література:

1. Лодатко Є. О. Педагогічне моделювання : монографія. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2022. 206 с.



2. Соціологія : короткий енциклопедичний словник / за заг. ред. В. І. Воловича. Київ : Укр. центр духовної культури, 1998. 736 с.
3. Енциклопедія освіти / Акад. пед. наук України; гол. ред. В. Г. Кремень. Київ : Юрінком Інтер, 2008. 1038 с.
4. Штофф В. А. Моделювання та філософія. 1966. URL: https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_005030512?page=1&rotate=0&theme=white
5. Осадчий І. Г. Педагогічне моделювання: що важливо знати педагогу? *Народна освіта*. 2016. № 1 (28). С. 60–68.
6. Лобода С. М. Новітні форми професійної педагогічної комунікації – важливий компонент інтеграції української вищої школи до європейського освітнього простору. *Вища освіта України*. 2006. Т. 2 (додаток 3). С. 252–257.
7. Лодатко Є. О. Моделювання педагогічних систем і процесів: монографія. Слов'янськ : СДПУ, 2010. 148 с.
8. Лодатко Є. О. Кластеризація соціокультурного простору і когнітивні метафори в педагогічному моделюванні. *Вісник Черкаського університету. Серія: Педагогічні науки*. 2013. Вип. 6 (259). С. 53–58.
9. Сніжко Н. В. Білінгвальна предметна компетенція з математики студентів інженерно-технічних спеціальностей. *Наукові інновації та передові технології. Серія «Педагогіка»*. 2024. № 8 (36). С. 1418–1426.
10. Сніжко Н. В. Інтегративні зв'язки між компонентами білінгвальної предметної компетенції з математики майбутніх інженерів. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2024. Вип. 4 (147). С. 30–35.
11. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник. Київ : Либідь, 1997. 376 с.
12. Мещанінов О. П. Сучасні моделі розвитку університетської освіти в Україні : монографія. Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2005. 460 с.
13. Лодатко Є. О. Педагогічні моделі, педагогічне моделювання і педагогічні вимірювання: that is that? *Педагогіка вищої школи: методологія, теорія, технології. Вища освіта України*. 2011. Вип. 3. Т. 1. С. 339–344.
14. Кушнір В. А. Теоретико-методологічні основи системного аналізу педагогічного процесу вищої школи : дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.04 «Теорія і методика професійної освіти». Київ, 2003. 482 с.
15. Мартинова Р. Ю. Види дидактичних моделей процесу навчання. *Наука і освіта*. 2019. № 4. С. 15–22.
16. Gödel K. Die Vollständigkeit der Axiome des logischen Functionenkalküls. *Monatshefte für Mathematik und Physik*. 1930. Vol. 37. P. 349–360.
17. Лодатко Є. О. Методологічні засади моделювання соціокультурних процесів. *Рідна школа*. 2008. № 3–4 (939–940). С. 13–20.
18. Ничкало Н. Г. Розвиток професійної освіти в умовах глобалізаційних та інтеграційних процесів : монографія. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2014. 125 с.

References:

1. Lodatko, Ye. O. (2022). *Pedahohichne modeliuвання [Pedagogical modeling]*. Ternopil: Navchalna knyha – Bohdan [in Ukrainian].
2. Volovych, V. I. (Ed.), (1998). *Sotsiolohiia: korotky entsyklopedychnyi slovnyk [Sociology: a concise encyclopedic dictionary]*. Kyiv: Ukrainyskyi tsentr dukhovnoi kultury [in Ukrainian].
3. Kremen, V. H. (Ed.). (2008). *Entsyklopediia osvity [Encyclopedia of education]*. Kyiv: Yurinkom Inter [in Ukrainian].



4. Shtoff, V. A. (1966) *Modeliuvannia i filosofii* [Modeling and philosophy]. Retrieved from https://viewer.rusneb.ru/ru/000199_000009_005030512?page=1&rotate=0&theme=white
5. Osadchyi, I. H. (2016). Pedahohichne modeliuvannia: shcho vazhlyvo znaty pedahohu? [Pedagogical modeling: what is important for a teacher to know?]. *Narodna osvita* [Public education], 1 (28), 60–68 [in Ukrainian].
6. Loboda, S. M. (2006). Novitni formy profesiinoi pedahohichnoi komunikatsii – vazhlyvyi komponent intehtratsii ukrainskoi vyshchoi shkoly do yevropeiskoho osvitnoho prostoru [Innovative forms of professional pedagogical communication as an important component of integration of Ukrainian higher education into the European educational space]. *Vyshcha osvita Ukrainy* [Higher education of Ukraine], 2 (Suppl. 3), 252–257. [in Ukrainian].
7. Lodatko, Ye. O. (2010). *Modeliuvannia pedahohichnykh system i protsesiv* [Modeling of pedagogical systems and processes]. Sloviansk: SDPU [in Ukrainian].
8. Lodatko, Ye. O. (2013). Klasteryzatsiia sotsiokulturnoho prostoru i kohnityvni metafory v pedahohichnomu modeliuvanni [Clustering of sociocultural space and cognitive metaphors in pedagogical modeling]. *Visnyk Cherkaskoho universytetu. Serii: Pedahohichni nauky* [Bulletin of Cherkasy University. Series “Pedagogical Sciences”], 6 (259), 53–58 [in Ukrainian].
9. Snizhko, N. V. (2024). Bilinhvalna predmetna kompetentsiia z matematyky studentiv inzhenerno-tekhnichnykh spetsialnostei [Bilingual subject competence in mathematics of students of engineering and technical majorities]. *Naukovi innovatsii ta peredovi tekhnologii. Serii «Pedahohika»* [Scientific innovations and advanced technologies. Series «Pedagogy»], 8 (36), 1418–1426 [in Ukrainian].
10. Snizhko, N. V. (2024). Intehtratyvni zviazky mizh komponentamy bilinhvalnoi predmetnoi kompetentsii z matematyky maibutnikh inzheneriv [Integrative relations between components of future engineers’ bilingual subject competence in mathematics]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho* [Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University], 4(147), 30–35 [in Ukrainian].
11. Honcharenko, S. U. (1997). *Ukrainskyi pedahohichnyi slovnyk* [Ukrainian pedagogical dictionary]. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
12. Meshchaninov, O. P. (2005). *Suchasni modeli rozvytku universytetskoi osvity v Ukraini* [Modern models of university education development in Ukraine]. Mykolaiv: Vyd-vo MDHU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].
13. Lodatko, Ye. O. (2011). Pedahohichni modeli, pedahohichne modeliuvannia i pedahohichni vymiriuvannia: that is that? [Pedagogical models, pedagogical modeling and pedagogical measurements: that is that?]. *Vyshcha osvita Ukrainy* [Higher education of Ukraine], 3 (1), 339–344 [in Ukrainian].
14. Kushnir, V. A. (2003). Teoretyko-metodolohichni osnovy systemnoho analizu pedahohichnoho protsesu vyshchoi shkoly [Theoretical and methodological foundations of system analysis of the pedagogical process of higher education]. *Doctor’s thesis*. Kyiv : Instytut pedahohiky i psykholohii profesiinoi osvity APN Ukrainy [in Ukrainian].
15. Martynova, R. Yu. (2019). Vydy dydaktychnykh modelei protsesu navchannia [Types of didactic models of the learning process]. *Nauka i osvita* [Science and education], 4, 15–22 [in Ukr].
16. Gödel, K. (1930). Die Vollständigkeit der Axiome des logischen Functionenkalküls. *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 37, 349–360 [in German].
17. Lodatko, Ye. O. (2008). Metodolohichni zasady modeliuvannia sotsiokulturnykh protsesiv [Methodological foundations of modeling sociocultural processes]. *Ridna shkola* [Native school], 3–4 (939–940), 13–20 [in Ukrainian].



18. Nychkalo, N. H. (2014). *Rozvytok profesiinoi osvity v umovakh hlobalizatsiinykh ta intehratsiinykh protsesiv* [Development of vocational education in the context of globalization and integration processes]. Kyiv : Vyd-vo NPU imeni M.P. Drahomanova [in Ukrainian].

Дата першого надходження статті до видання: 28.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.02.2026