

УДК 372

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

Ю.М.Козловський

Анотація. У роботі обґрунтовано концептуальні засади математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу на основі аналізу проблеми формалізації результатів наукової діяльності в контексті педагогічної науки.

Ключові слова: наукова діяльність, вищий навчальний заклад, концепція науки, методологія науки.

Аннотация. В работе обоснованы концептуальные основы математического моделирования научной деятельности высшего учебного заведения на основе анализа проблемы формализации результатов научной деятельности в контексте педагогической науки.

Ключевые слова: научная деятельность, высшее учебное заведение, концепция науки, методология науки.

Summary. In this paper conceptual foundations of mathematical modeling research activities of university based on the analysis of the problem of formalization of the results of scientific activity in the context of pedagogy are proposed.

Keywords: scientific research, university, conception of science, methodology of science.

Постановка проблеми. Проникнення ідей і методів математики в науку досягло рівня, який дозволяє говорити про математизацію як закономірність розвитку наукового знання [6]. Математизація

знань – це складний, діалектично суперечливий процес, що залежить від розвитку як математичної науки, так і галузі наукового знання, яка математизується. Важливим аспектом наукового дослідження є «знаходження засобів опису відношень, що пов'язано з формалізацією і математизацією наукового апарату загальнонаукових підходів і методів. У цьому суть принципу представлення зв'язків в операціональному вигляді. Такі зв'язки мають бути однопорядковими, піддаватися порівнянню і зіставленню» [9, с.54].

Сучасна наука є раціональною конструкцією, яка включає як теоретичний опис ідеального об'єкта, так і його математизацію та формалізацію. Вона має справу з теоретично сконструйованими ідеальними об'єктами із застосуванням математики та математичної логіки. Сконструйовані теоретичні моделі є потужним знаряддям наукового пошуку та створення нових реальностей саме завдяки математиці. На думку Г.Башляра, без оволодіння цим новим математичним інструментарієм сучасної науки неможливо досягти нового знання. На зміну Homo faber у науку приходить Homo mathematicus, що поділяє новий дух науки, її математизацію [1, с.30]. Математично-формалізовані моделі й становлять суть неklasичної науки, тобто від конструювання математичних моделей до їх реалізації.

Математичне моделювання є однією з тих форм, що дозволяють створювати адекватні моделі, причому ці моделі можна пояснити кожному, хто володіє достатнім освітнім рівнем [2]. Математичне моделювання об'єктів являє собою аналітичний опис процесів, що ідеалізуються, і систем, адекватних реальним. Ідеальних систем і процесів у природі не існує, проте отримані результати у відомих межах можна застосовувати до реальних процесів і систем, оскільки вони мають спільні властивості з ідеальними.

У статті ми спиралися на наукові розробки щодо математичного моделювання, формалізації гуманітарних процесів та дослідження проблеми наукової діяльності, викладені у роботах Г.Башляра [1], М.Белотелова [2], Є.Вентцеля [3], С.Гончаренка [4], Г.Доброва [5], О.Кедровського [6], В.Полонського [9], В.Пріснякова [10], Г.Рузавина [11; 12], О.Урсула [13], С.Фареніка [14], М.Якубовського [15], С.Бернарека [16] та ін.

Мета статті – обґрунтувати концептуальні засади математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу на основі аналізу проблеми формалізації результатів наукової діяльності в контексті педагогічної науки.

Теоретичне моделювання, з одного боку, відкриває шлях до вивчення механізмів соціального управління, а з іншого – до їхнього конструювання. Воно виражає діалектичну єдність об'єктивної та суб'єктивної сторін дійсності, постаючи реальним втіленням важливого принципу випереджального відображення суспільних процесів і механізмів управління ними. Теоретичне моделювання впливає не тільки на суб'єкт пізнання, але й на об'єкт, що моделюється. Існують також підстави вважати соціальне моделювання базовою формою проектування і прогнозування соціальних відносин, способом вирішення управлінських завдань [14, с.16]. Математичні моделі можуть будуватися або на основі експериментальних даних (матеріальне або предметне моделювання), або умоглядно, використовуючи гіпотезу або відому закономірність якого-небудь явища. Особливо корисне теоретичне моделювання там, де провести експеримент неможливо або складно. Програмування на ЕОМ математичної моделі процесу, важко відтворюваного в експерименті, дозволяє передбачати зміну процесу залежно від умов, прогнозувати деякі нові явища.

На сучасному етапі розвитку гуманітарних наук все виразнішою постає вимога використання в них математичних методів, і від того, як реалізується ця вимога, залежать перспективи цих наук. Здатність математичного моделювання передбачати явища добре відома. Модель містить апіорі невідому інформацію і знання, яке можна унаочнити й використати. Незважаючи на те, що моделювати явища неживої природи людство навчилося сторіччя назад, розраховувати більшість гуманітарних процесів не вдається через складність і незнання людської психіки. Напрямок плину гуманітарних процесів залежить від рішень людини, які визначають поведінку будь-якої системи, а рішення – від інтелекту людини, її емоційного й фізіологічного стану, від впливу на поведінку і зміст прийнятих рішень інших людей, тому визначальним у гуманітарних завданнях є опис поведінки людини. А це вже – галузь, що лежить на стику психології, соціології, філософії, економіки, політології [10, с. 62]. Практичні завдання вимагають простого математичного апарату, а фундаментальні – складнішого, допускають проходження ієрархії математичних моделей, починаючи від чисто функціональних і закінчуючи моделями, що використовують твердо встановлені закономірності й структурні параметри.

При побудові математичної моделі може бути (залежно від виду операції і завдань дослідження) використаний математичний апарат різної складності. У найпростіших випадках модель описується простими рівняннями алгебри. У складніших, коли потрібно розглянути явище в динаміці, застосовується апарат диференціальних рівнянь, як звичайних, так і з частковими похідними. У

найбільш складних випадках, якщо розвиток операції в часі залежить від великого числа випадкових факторів, що складно переплітаються між собою, застосовується метод статистичного моделювання [3]. Не менше значення на вибір моделі має аналіз інформаційного масиву, отриманого як підсумок аналітичного огляду результатів досліджень інших авторів або пошукового експерименту. Ділення масиву на залежні й незалежні чинники, на вхідні й вихідні змінні, попередній пошук взаємозв'язку між різними даними вибірки дозволяє визначити адекватний математичний апарат. Аналіз інформаційного масиву дозволяє встановити безперервність або дискретність досліджуваного показника і об'єкта загалом. Встановлення безперервності об'єкта дозволяє використовувати для його моделювання диференціальні рівняння. Тому віддається перевага математичним моделям, побудованим у класі диференціальних рівнянь. Якщо змінні є тільки функціями часу, то для моделювання використовуються звичайні диференціальні рівняння. Якщо ж ці змінні є також функціями просторових координат, то для опису таких об'єктів слід користуватися складнішими диференціальними рівняннями в частинних похідних. Методологія моделювання динамічних систем в класі диференціальних рівнянь істотно залежить від схеми взаємодії об'єкта із середовищем і ступеня знання входу і виходу об'єкта.

Будь-які диференціальні рівняння – це модель цілого класу явищ, тобто сукупність явищ, що характеризуються однаковими процесами. При інтеграції рівнянь отримують велику кількість рішень, що задовольняють вихідному диференціальному рівнянню. Щоб отримати із множини можливих рішень одне, що задовольняє лише даному процесу, необхідно задати додаткові умови диференціального рівняння. Вони повинні чітко виділити явище, що вивчається, зі всього класу явищ.

У контексті використання методів математичного моделювання до наукової діяльності вищого навчального закладу слід ураховувати, що *позитивний результат моделювання забезпечується не лише використанням ефективних методів, але, в першу чергу, досвідом його застосування, що визначається особливостями самого предмету моделювання.*

Розглядаючи можливість використання математичних методів у їх педагогічному аспекті, М. Якубовський розробив низку вимог до математичного апарату моделювання на прикладі професійної діяльності вчителя [15]. Частина цих положень, на нашу думку, є правильними і доцільними. Зокрема, це необхідність розрізняти два істотно різні напрями в застосуванні математичного апарату в педагогіці, а саме: 1) застосування математичних засобів для обробки результатів емпіричних досліджень у педагогіці; 2) застосування математичних засобів для моделювання педагогічних явищ і процесів. Важливим є і те, що математичний апарат моделювання професійної діяльності передбачає виділення базових математичних дисциплін для побудови декількох альтернативних моделей з їх подальшою інтеграцією. Водночас, не можна повністю погодитися з тим, що «більшість процесів у професійній діяльності доцільно моделювати в лінійному наближенні, щоб встановити спільні закономірності і характеристики досліджуваного процесу, оскільки лінійні математичні моделі дозволяють користуватися принципом суперпозиції» [15, с.107], оскільки такий підхід є дещо спрощеним та не враховує складну нелінійну природу педагогічних систем.

У найширшому сенсі математичну модель «можна розглядати як абстрактну математичну структуру, в якій реальні предмети і конкретні зв'язки між ними замінені абстрактними об'єктами і математичними відношеннями» [11, с.17]. Математична мова, за допомогою якої описуються математичні моделі та структури, забезпечує можливість відповідних обчислень для вирішення досліджуваних проблем, а «математична модель реального об'єкта може описувати лише суттєві в тому чи іншому смислі риси цього об'єкта, але ніколи не претендує і не повинна претендувати на його повний опис. З іншого боку, до розв'язання прикладних задач пред'являються вимоги, які в чисто математичних дослідженнях вважаються другорядними: прикладна задача повинна бути розв'язана не лише правильно, але й своєчасно, економно за затраченими зусиллями, рішення повинно бути доступним для існуючих обчислювальних засобів і придатним для фактичного використання, точність рішення повинна відповідати задачі тощо» [13, с. 93].

Загальних способів побудови математичних моделей не існує. У кожному конкретному випадку *модель вибирається, виходячи з цільової спрямованості операції і завдання дослідження, з урахуванням необхідної точності рішення і точності, з якою відомі початкові дані.* Як правило, «чисті» математики без допомоги фахівців у даній галузі з цим завданням справляються погано. В центрі уваги у них виявляється математичний апарат з його тонкощами, а не відповідність моделі реальному явищу. Досвід показує, що найбільш вдалі моделі створюються фахівцями у цій галузі практики, що отримали додатково до основної глибоку математичну підготовку, або ж групами, що об'єднують фахівців і математиків.

Математичне моделювання складних процесів в освіті передбачає, передусім, формалізацію об'єктів моделювання. Наприклад, описові моделі [16] базуються на формалізації, яка ґрунтується на використанні алгебраїчних рівнянь або системи рівнянь. Обов'язковий зв'язок формальних засобів і

понять науки з певними системними представленнями об'єктів зумовлює вимоги до механізмів перенесення засобів з одних наук в інші. Перенесення в педагогіку формальних засобів математики передбачає можливість такого «бачення» і такого представлення педагогічних явищ, яке відповідає системним представленням математичної науки. Відповідність системних представлень двох наук вимагає спеціальної перевірки і обґрунтування.

Істотне значення в дослідженні наукової діяльності має *метод формалізації*: метод вивчення різноманітних об'єктів через відображення їх структури в знаковій формі за допомогою штучних мов, наприклад, мови математики. Переваги цього методу – в тому, що він забезпечує узагальненість підходу до розв'язання досліджуваних проблем; завдяки символіці надає стислості та чіткості фіксації значень формалізованих об'єктів пізнання та забезпечує однозначність розуміння їх структури (на відміну від двозначності при застосуванні звичайної мови); дає змогу формувати знакові моделі об'єктів і замінювати їх вивченням реальних речей і процесів. Завданням методу формалізації є зведення вивчення реальних змістових сторін об'єктів, властивостей і відношень до формального дослідження відповідних їм знакових абстрактних об'єктів. Цей метод широко застосовують при математичному моделюванні у багатьох галузях науки, оскільки, як правило, формалізація пов'язана із застосуванням певного математичного апарату.

На нашу думку, результат наукової діяльності можна розглядати *формально* (наприклад, за тривіальними очевидними показниками типу кількості публікацій) або ж *формалізовано* (обираючи спосіб представлення наукового результату в одній з форм, які піддаються аналізу, наприклад, математичному).

Модель наукової діяльності вищого навчального закладу має відповідати життєвому циклу наукової діяльності, а саме: мета – ідеал – науковий пошук та його організація – реальний науковий результат – спосіб представлення наукового результату – оцінювання результату – використання – подальше дослідження. На нашу думку, такі загальні поняття та процеси піддаються формалізації лише частково і, як правило, в межах своїх складових. Важливі та цікаві прогнози щодо формалізації та математизації наук, які продовжують підтверджуватися, здійснив у 60-х роках минулого століття Г.Добров [5, с.254-256]. Серед них виокремимо такі. Проблема становлення формального математичного апарату науки включає в себе досить широке коло питань, розв'язання яких може мати далекосяжні наслідки для підвищення теоретичного рівня і прикладної ефективності досліджень. Поряд з більш широким і ефективним використанням вже взятих на озброєння статистичних методів тут треба освоїти методи множинної кореляції, ідеї та методи теорії масового обслуговування, деякі розділи теорії множин. На цій основі буде вдосконалюватися системний підхід до історії науки, розвиватися її структурний аналіз і конкретно реалізуватися ідеї і можливості моделювання деяких процесів наукового розвитку (наприклад, моделювання інформаційного простору міжнаукових взаємодій).

Очевидно, що найважливішими передумовами для успішного використання потужних засобів сучасної математики є становлення формалізованої мови, строгої системи понять і, що особливо важливо, вироблення конкретних вимірників для різних характеристик наукового розвитку. Можна висловити припущення, що дослідження з цієї проблеми науки про науку з часом складуться в напрямок, що заслуговує назви «наукометрія». Для істориків, які узагальнюють багаторічний досвід розвитку науки, цей напрям покликаний створити досить потужний математичний апарат історико-наукового аналізу. Використання його, своєю чергою, дозволить наукознавству здійснити свій серйозний внесок у теорію наукової документалістики і в практику інформаційного обслуговування науки (наприклад, при вирішенні питань вироблення нових форм подання наукової інформації, вдосконаленні системи носіїв і форм передачі наукових відомостей, при визначенні структури науково-інформаційних служб і для підвищення ефективності їх діяльності тощо).

Для успішного використання сучасних можливостей математичного моделювання необхідним є вибір критеріїв формалізації, які дозволяють перевести педагогічні проблеми у форму, придатну для математичної обробки, оскільки математична модель абстрагується від природи процесу, що відбувається. Правильно проведена формалізація педагогічної проблеми є адекватним описом реального процесу чи явища і дає можливість розв'язувати за допомогою математичних моделей теоретичні та практичні проблеми. Коректна формалізація гарантує ефективність використання математичного апарату при вирішенні педагогічних проблем.

Науково обґрунтована формалізація систем, зокрема у педагогічній науці, вимагає урахування теорем про неповноту, встановлених К.Геделем. Ці теореми математичної логіки виявили неспроможність ідей повної формалізації математичної науки і несуперечливе обґрунтування її засобами тієї ж формальної системи. Теореми Геделя доводять неповноту формальних систем і наявність у них нерозв'язних положень, які недоказові і одночасно неспростовні. Перша теорема Геделя стверджує, що наукову систему знань не можна формалізувати повністю. Друга теорема доповнює

першу: якщо доведено, що формальна система несуперечлива, то вона неповна. Загальнонаукове значення теорем про неповноту полягає в тому, що вона виявила неможливість повної формалізації людського мислення, тобто невичерпність поступального розвитку формальних уявлень про природу, а також неможливість доказів несуперечності формальної системи засобами тієї ж системи.

Згідно цих теорем будь-яка наукова схема, незважаючи на її видиму досконалість, неповна. Аналогічно, кожна модель чи схема відображає об'єкт дослідження лише частково. Тому, розглядаючи загальні закономірності розвитку складних систем, не можна замикатися або обмежуватися інтересами однієї теорії, однієї науки, оскільки кожна відповідь на питання про аксіоматику науки виходить за її рамки. Це зумовлює необхідність для доведення наукової системи уявлень залучення складнішої системи, а для доведення цієї складнішої системи необхідна ще складніша система. Характеризуючи цей ланцюг формальних систем, Г.Рузавін стверджує, що: «з'являється ціла ієрархія формальних систем, кожна з яких перевершуватиме за силою засоби формалізації» [12, с.279]. Замикання уявлень в систему відображає цілісність сприйняття об'єктивного світу. Однак ця процедура перебуває в діалектичній суперечності із безперервним поступальним характером розвитку знань.

Ми повністю погоджуємося з С.Гончаренком, що цілісне вивчення складного комплексу явищ «передбачає дуже обережний підхід до формалізації, запровадження строго виражених показників і залежностей, математизації окремих компонентів і, тим більше, всього педагогічного процесу. Формалізація майже завжди пов'язана з втратою певної частини змісту, зі збідненням досліджуваних процесів і явищ. Тому формалізація при вивченні педагогічного процесу виявляється корисною для виявлення окремих зв'язків, залежностей, але виявляється недостатньою для загальних висновків про його перебіг» [4, с.77]. Тому змістові підходи повинні відігравати провідну роль у порівнянні з формалізованими.

На наш погляд, недоцільно оцінювати результат наукової діяльності лише за принципом «наука – практиці». Адже у цьому випадку, як правило, йдеться про практику сьогодення і не враховується одна з найважливіших особливостей науки: її прогностичність. Загальновідомо, що низка наукових винаходів (дослідження електромагнітних явищ Майклом Фарадеєм, перші електронно-обчислювальні машини тощо) спочатку сприймалися як суто теоретичні. Були випадки, коли нові наукові відкриття і погляди зараховували до категорії позанаукових і безперспективних, а саме вони ставали підвалинами розвитку цілих технічних чи світоглядних напрямів у житті суспільства і кардинально змінювали спосіб життя людей. Тому процес формалізації результатів наукової діяльності повинен урахувати також особливості науки як свого роду десанту у розвитку суспільства і не обмежуватися в оцінюванні її результату суто практичним значенням для сьогодення. Оцінка наукового результату праці має бути комплексною, враховуючи, окрім формалізованого результату, такі аспекти, як креативність, етичний аспект оцінювання, вид презентації результату, його наукова цінність у координатах «практичний-прогностичний – ступінь цінності», суб'єктивний (самооцінка) і об'єктивний (експертна оцінка) тощо.

Викладене вище дало підстави для формулювання **концептуальних засад математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу:**

- уявлення про педагогіку як науку, що математизується, є визначальним у виборі методів математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу власне у загальнопедагогічному аспекті;

- аналіз відмінностей логічних форм побудови математики, педагогіки та наукознавства, які забезпечують їх галузеву самостійність, є вихідним принципом для пошуку логічної єдності, яка дозволяє математизувати окремі підгалузі наукознавства у їх загальнопедагогічному контексті;

- виходячи з природи наукової діяльності, її математичне моделювання повинно тісно пов'язуватися з науковим пізнанням;

- у процесі математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу провідну роль відіграє операційний механізм, зокрема конкретні математичні методи, які трансформуються в галузь педагогічної науки;

- доцільність математичного моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу як педагогічного об'єкта визначається тим, що внаслідок математизації поняття наукової діяльності наповнюється новим змістом;

- математичне моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу є доцільним тоді і тільки тоді у загальнопедагогічному сенсі, коли математичні методи застосовуються не лише для обробки результатів досліджень, а для пошуків нових закономірностей, побудови більш глибоких теорій і, особливо, для створення спеціальної формалізованої мови педагогічної науки.

Висновки. Таким чином, істотне значення в дослідженні наукової діяльності має метод формалізації, який забезпечує однозначність розуміння їх структури; дає змогу формувати знакові

моделі об'єктів і замінювати їх вивченням реальних речей і процесів. Правильно проведена формалізація педагогічної проблеми є адекватним описом реального процесу чи явища і дає можливість розв'язувати за допомогою математичних моделей теоретичні та практичні проблеми. Математичне моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу передбачає використання низки концептуальних засад (вибір методів математичного моделювання на основі структурної диференціації уявлення про педагогіку; пошук логічної єдності, яка дозволяє математизувати окремі підгалузі наукознавства у їх загальнопедагогічному контексті; наповнення новим змістом поняття наукової діяльності внаслідок її математизації; застосування математичних методів для пошуків нових закономірностей, побудови і створення формалізованої мови педагогічної науки) тощо. До подальших напрямів відносимо розробку конкретних математичних методів для моделювання наукової діяльності вищого навчального закладу.

Література

1. Башляр Г. Новый рационализм / Г.Башляр. – М.: Прогресс, 1987. – 376 с.
2. Белотелов Н. В. Сложность. Математическое моделирование. Гуманитарный анализ: Исследование исторических, военных, социально-экономических и политических процес сов / Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский, Ю. Н. Павловский. –М.: URSS, 2009. – 320 с.
3. Вентцель Е. С. Исследование операций / Е. С. Вентцель. – М.: «Знание», 1976. – 64 с.
4. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження: Методологічні поради молодим науковцям / С. У. Гончаренко. – К., Вінниця: ДОВ«Вінниця», 2008. — 278 с.
5. Добров Г.М. Наука о науке (начала науковедения) / Г. М.Добров. – К.: Наукова думка, 1989. – 302 с.
6. Кедровский О. И. Математизация научного знания — объективная закономерность научно-технической революции / О. И. Кедровский, В. А. Цыкин. — К. : Знання, 1981. — 48 с.
7. Козловський Ю.М. Проблема формалізації результатів наукової діяльності в контексті педагогічної науки/ Ю.М. Козловський // Проблеми сучасної педагогічної освіти. - 2011. – № 31. – С. 239-245.
8. Козловський Ю.М. Використання математичних методів у моделюванні наукової діяльності вищого навчального закладу/ Ю.М. Козловський // Педагогіка і психологія професійної освіти. - 2011. - №3. – С. 15-23.
9. Полонський В.М. Методы педагогических исследований: состояние, проблемы, перспективы. Сборник научных статей, материалы Всероссийского семинара по методологии / Под ред. В.М. Полонского.– М.: ИТИП, 2006.– 252 с.
10. Прісняков В.Ф. Про результати математичного моделювання гуманітарних процесів / В. Ф. Прісняков, Л. М. Пріснякова // Педагогіка і психологія. – 2007. – № 4 - С.62-74.
11. Рузавин Г.И. Математизация научного знания / Г.И.Рузавин. – М.: Знание, 1977. – 64с.
12. Рузавин Г.И. О природе математического знания / Г.И.Рузавин – М., «Наука», 1968. – 289 с.
13. Урсул А.Д. Технические науки и интегративные процессы. Философские аспекты. / А.Д.Урсул, Е.П.Семенов, В.П.Мельник – Кишинев: Штиинца, 1987. – 256 с. ✓
14. Фаренік С.А. Управління як форма зв'язку теоретичних моделей і практичних рішень: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. д-ра філос. наук: 09.00.03 «Соціальна філософія та філософія історії» / С.А.Фаренік. — К., 2003. — 36с.
15. Якубовски М.А. Теоретико-методологические основы математического моделирования профессиональной деятельности учителя: дис... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Марек Антони Якубовски. – К., 2004. – 482 с.
16. Bednarek S. Opisowe modele w dydaktyce: możliwości i ograniczenia zastosowań / S.Bednarek //Dydaktyka szkoły wyższej.–Instytut Polityki Naukowej i Szkolnictwa Wyższego –N 4/88 (89). – S. 61-72.