

ВСТУП

*Реальний світ організований, як
наша мова.*

Принцип логіки А. Вітгенштайна

В останні роки у педагогічних дослідженнях значного поширення набули *розвідки, пов'язані з моделюванням* різних характеристик та окремих «сторін» навчання й виховання на загальноосвітньому і професійно орієнтованому рівнях у межах національного соціокультурного простору.

«Широке розповсюдження ... моделювання у педагогічних дослідженнях, — на думку Віктора Михеєва, — пояснюється різноманіттям його гносеологічних функцій, що зумовлює вивчення педагогічних явищ і процесів на спеціальному об'єкті — моделі, яка є проміжною ланкою між суб'єктом — педагогом, дослідником — і предметом дослідження, тобто певними властивостями і відношеннями між елементами навчально-виховного процесу», — тут і далі переклад автора (Є. А.) [106, с. 5].

Разом з тим, моделювання у педагогіці, — порівняно з багатьма іншими галузями людського знання, — має особливості, природа яких криється у *складності педагогічних процесів*, зумовлених їх багатоланковою структурою та *неможливістю відтворення в часі педагогічних явищ за попередніх умов*. Педагогічне явище, як суще, є унікальним та неповторним, і саме тому на нього беззастережно поширюється переконання Мартіна Гайдеггера у необхідності розгляду «тут і тепер» цього сущого.

Педагогіка, попри непогану структурованість і змістову наповненість основних категорій (виховання, навчання, освіта, соціалізація, розвиток, формування) та конфігураційних універсалій (концепції, підходи, принципи, цілі, методи, засоби, форми, прийоми), оперує нечіткими, розпливчастими поняттями. Фактично жодне педагогічне поняття не

має вичерпного визначення, вільного від змістової неповноти і смислової неоднозначності, що ускладнює опис педагогічних явищ, бо, як відомо, «диявол криється в деталях».

Складності в описі педагогічних явищ також породжуються локальністю й постійною видозміною педагогічних об'єктів, процесів та умов їхньої реалізації. Це фактично унеможлиблює їхню вичерпну характеристику: за будь-яких умов окремі «поняттєві характеристики» («якості», «риси» тощо) залишаються поза увагою як несуттєві або невідомі на даний час, хоча вони можуть відчутно впливати на стан педагогічного об'єкта або його контекстуальне буття.

Для ілюстрації сказаного можна звернутися до визначення в «Українському педагогічному енциклопедичному словнику» такого широко вживаного поняття, як «методи виховання»: *«сукупність найбільш загальних способів вирішення виховних завдань і здійснення виховних взаємодій, способів взаємопов'язаної діяльності вихователів і вихованців, спрямованих на досягнення цілей виховання»* [26, с. 206].

На перший погляд означення цілком прийнятне. Але якщо спробувати з'ясувати, як у контексті наведеного означення слід витлумачувати поняття «виховне завдання» та «виховні взаємодії», то виявиться, що це неможливо, оскільки визначень таких понять у цьому словнику немає.

Зрозуміло, висновок напрошується сам собою: якщо визначення цих понять відсутні, то можна їх витлумачувати в такий спосіб, який буде прийнятним у контексті досліджуваної проблеми. Тому не варто дивуватися, коли хтось інший запропонує цим поняттям «власну» інтерпретацію, яка не буде збігатися з нашими уявленнями про їхню смислову сутність ...

Ще один ракурс проблеми, пов'язаної з дослідженням явищ, понять і процесів у педагогіці, — це наявність критеріїв і засобів (індикаторів), які дозволяли б встановлювати «рівень» досягнення поставлених цілей, вимірювати результати реалізації процесів, визначати якісні оцінки педагогічних феноменів, особистісних здобутків суб'єктів педагогічного процесу тощо.

Зважаючи на сказане, неважко дійти висновку, що за будь-яких умов ми не маємо можливості в усій повноті описати або ж охарактеризувати педагогічне явище (об'єкт чи процес), на що є об'єктивно нездоланні причини. Охарактеризувати його вдається лише на якомусь щаблі наближеності до змістово-функціональних реалій, тобто з певною долею правдоподібності. Тому методологічний потенціал дослідження педагогічного явища (об'єкта або процесу) вбачається у його *формалізації* (схематизації і спрощенні) в такий спосіб, який дозволяв би студіювати вибрані його характеристики, що відіграють роль визначальних у конкретному змістово-діяльнісному контексті й уможливають вивчення соціокультурного чи управлінського впливу на результати діяльності.

При аналізі результатів, отримуваних упродовж педагогічного дослідження, зазвичай намагаються застосовувати кількісні методи оцінювання з використанням тих чи інших засобів статистичного аналізу. В окремих випадках, з урахуванням сутності досліджуваного педагогічного явища, можуть застосовуватися кваліметричні методи, однак це спричиняє суттєве ускладнення підсумкової обробки результатів і, зокрема, виявлення причинно-наслідкових залежностей.

Міркування, викладені вище, дають підставу вважати, що дослідження педагогічних явищ (об'єктів і процесів) відбувається не безпосередньо, а шляхом моделювання та в процесі моделювання, що дозволяє виокремлювати деякі характеристики педагогічного явища і досліджувати їх із застосуванням відомих чи спеціально розроблених методик.

Моделювання у педагогіці має декілька аспектів застосування:

- гносеологічний, у якому модель відіграє роль проміжного об'єкта у процесі пізнання педагогічного явища;

- загальнометодологічний, який дозволяє оцінювати зв'язки і відношення між характеристиками стану різних елементів навчально-виховного процесу на різних рівнях їхнього опису і вивчення;

– психолого-педагогічний, який дозволяє вести опис різних сторін навчально-виховної і загальнопедагогічної діяльності та виявляти на цій основі психолого-педагогічні закономірності [106, с. 8].

Кожен із названих аспектів моделювання дозволяє формалізувати вивчення, змістову й технологічну інтерпретації якісно різних «сторін» педагогічних явищ (об'єктів чи процесів), придатних для розробки механізмів впливу (управління). Однак багатогранність прояву педагогічних явищ в реальності продукує складності їхньої формалізації, оскільки такі явища (об'єкти чи процеси) завжди мають суб'єктну орієнтацію і безперервно змінюються в часі під впливом соціуму на суб'єкт педагогічного процесу та розвиток особистості цього суб'єкта.

Тому розроблена модель педагогічного явища (об'єкта чи процесу) має шанс на апробацію і практичне «виживання» в умовах реального навчально-виховного процесу лише за умови достатньої загальності досліджуваних змістових і структурно-процесуальних компонентів, тобто достатньо високого рівня абстрагування.

Якщо модель побудована в такий спосіб, то у подальшому не виключається можливість появи її різних когнітивних метафор [58; 88] і розробки на цій основі розбіжних (у певному розумінні) технологій модельних реалізацій. При зниженні рівня абстрагування на етапі побудови моделі кількість її змістових і структурно-процесуальних компонентів суттєво зростає, що тягне за собою нездоланне ускладнення етапу інтерпретації і, зазвичай, унеможливає розробку зазначеної технології.

Так, зокрема, досліджуючи «принципи навчання», можна звернутися до традиційного переліку, що дістався нам у спадщину від радянської системи освіти¹, або ж скористатися пострадянськими педагогічними «новаціями», які суттєво

¹ За винятком «принципу комуністичної спрямованості навчання» тих принципів загалом налічувалося дев'ять.

примножили кількість принципів, додавши до них, приміром, такі вершини педагогічної думки, як «принцип емоційності навчання», «принцип демократизації»², «принцип нетрадиційності системи навчання» [16, с. 318–319].

Будуючи модель системи навчання з опорою на такі «принципи», ми ризикуємо отримати декларативну й нежиттєздатну «конструкцію», у межах якої не вдасться жодним прийнятним способом інтерпретувати, наприклад, реалізацію «принципу демократизації» у навчанні математики або фізики чи реалізувати відповідний процес ...

Отже, при моделюванні педагогічних явищ перед дослідником виникає проблема відбирання ознак для моделювання та рівня абстрагування при їхньому описі й розкритті ін'єктних та сюр'єктних зв'язків, оскільки від цього залежить інформативність моделі та зручність користування нею. Якщо такі ознаки виокремлені, то далі постає питання встановлення їхньої функціональної відповідності меті побудови моделі, а також встановлення міри їхнього прояву при практичному застосуванні моделі.

При підготовці цього видання були використані матеріали авторських теоретичних розвідок, які в різний час пропонувалися до уваги педагогічної спільноти у фахових виданнях України, закордонних педагогічних і культурологічних часописах, а також частково порушувались у монографії «Моделювання педагогічних систем і процесів» (Слов'янськ, 2010).

Автор

Черкаси, 2018–2021

² Демократизація — втілення демократичних принципів у політичну організацію суспільства.

ПРОСТІ Й СКЛАДНІ СИСТЕМИ

*Ускладнювати — просто,
спрощувати — складно.*

Бруно Мунарі

Для багатьох галузей знань поняття системи є одним із ключових. Цим поняттям з різною мірою методологічної культури [69; 74; 179] послуговуються вчителі, математики, інженери, природничники, певна частина гуманітаріїв й інших фахівців. Залежно від роду їхніх занять та предметного контексту поняття системи може набувати різних тлумачень та змістових варіацій.

Наприклад, для інженерів традиційними вважаються системи ресурсозабезпечення (енерго-, водо-, газопостачання), системи проєктування, системи експлуатації тощо. Для математиків загальноновживаними є такі поняття, як «система аксіом», «система рівнянь (нерівностей)», «числова система» та ін. Якщо говорити про хімію, то ще у школі відбувається знайомство з періодичною «системою елементів», розробленою Дмитром Менделєєвим. У педагогіці прийнято користуватися «системою принципів», «системами методів» навчання [3; 77] (виховання) [122], «системами організації» навчальної діяльності [38; 97], як і більш загальними поняттями, такими, як «система загальної освіти», «система вищої освіти» тощо.

Щоби уникнути контекстуальної залежності у тлумаченні *поняття системи*, звернімося до його найбільш загального визначення, притаманного філософії.

Услід за Валерієм Сагатовським системою³ будемо вважати «множину елементів будь-якої природи, якість якої при заданих зовнішніх умовах з необхідністю й достатністю визначається її внутрішнім складом і структурою» [157, с. 70].

³ від грец. *σύνθεσις* — ціле, складене з частин.

З поняттям системи зазвичай пов'язується поняття «події як процесу зміни якостей» — основного елемента розвитку. При цьому «будь-яке суще в різних співвідношеннях є і системою, і подією. Як система воно раціонально пізнаване і кероване, як подія — в тій чи іншій мірі непередбачуване, включаючи в себе невизначеність і неповторюваність, будучи ... унікальним способом входження в буття, його довизначенням ...

Система і подія — підсумкові характеристики будь-якого сущого з боку його стійкості, визначеності й зміни, невизначеності» [там само].

Для розуміння екзистенціальної сутності й функціональної обумовленості систем концептуально важливим є, на думку Валерія Сагатовського, «категоріальне розрізнення аспектів системності і подієвості ... [Але його] не слід змішувати з розхожим слововживанням, коли під системою розуміють просто певний предмет і в цьому сенсі ... говорять, зокрема, й про розвиток систем. Бо такі змішування часом породжують абсолютно непотрібні «вчені» суперечки:

— Як?! Система не розвивається?!

— Заспокойтеся. Розвивається суще. Але не як система. Відбувається подія, що породжує нову систему, яка залишається здатною функціонувати до наступного подієвого витка» [157, с. 70].

Серед систем прийнято розрізняти прості й складні та відповідним чином поводитися з ними. «Простота» або ж «складність» системи залежить від характеру взаємодії її складових: якщо внаслідок цього система набуває нових властивостей, не характерних для її складових, то вона вважається *складною*; за інших умов система позиціонується як *проста*.

З синергетичних позицій системи вважаються *складними*, якщо їхні елементи взаємодіють так, що поведінка одних елементів залежить від стану інших, а поведінка системи є результатом їхньої сумісної діяльності [17, с. 63].

Слід зазначити, що складність системи (як і будь-якого іншого об'єкта) первинно асоціюється з великою кількістю складових. Але в реальності велика кількість складових (елементів) далеко не завжди свідчить про справжню складність системи: для сучасних комп'ютерних засобів (інструментів), здатних миттєво опрацьовувати величезні обсяги інформації, «кількісне охоплення» будь-якого об'єкта не є проблемою.

Складність іншого типу, — яку часто називають динамічною, — породжується функціонуванням складових системи, кожна з яких здатна перебувати в різних станах і *по-різному взаємодіяти* з іншими складовими. Навіть при невеликій кількості складових їхня взаємодія може здійснюватися багатьма способами. Тому неправильно оцінювати складність системи, керуючись лише кількістю її складових (елементів), а не можливими способами їхньої взаємодії.

Як доречно наголошували Джозеф О'Коннор та Іан Макдермотт (J. O'Konnor, I. Makdermott), «дуже складна система може утворюватися з багатьох елементів або підсистем, і всі вони здатні перебувати в різних станах, які змінюватимуться у відповідь на те, що буде відбуватися з іншими частинами. Побудувати схему такого роду складної системи — все одно, що знайти шлях у лабіринті, який повністю змінюється залежно від обраного нами напрямку. Динамічною складністю характеризуються стратегічні ігри, наприклад, шахи, оскільки кожен хід змінює співвідношення між фігурами і, відповідно, ситуацію на дошці» [119; с. 38].

Додавання до системи нового елемента завжди призводить до утворення нових зв'язків між складовими і зростання складності системи. Причому додавання кожного наступного елемента збільшує кількість зв'язків більшою мірою, ніж додавання попереднього.

Дія складної системи визначається характером взаємодії між елементами, тому будь-який найпростіший її елемент

може змінити поведінку системи в цілому⁴. Важливим є те, що кожна система забезпечує самозбереження і намагається зберігати власну стабільність завдяки взаємодії складових (частин), тому відносини між ними та їхній взаємовплив набагато важливіші, ніж їхня кількість або величина [там само, с. 37].

Складні системи мають деякі спільні *рис*и, що не ототожнюються з їхніми формальними ознаками. Такими рисами, услід за Леонардом Растрігіним, є сенс уважати наступні.

1. *Відсутність необхідного математичного опису* — характерна риса будь-якої складної системи.

Математичним описом зазвичай вважають наявність алгоритму F обчислення стану об'єкта Y в момент часу t залежно від стану цього об'єкта у попередній момент часу $t-1$ та за спостереженням його входів — керованого U й некерованого X , тобто

$$Y(t) = F(Y(t-1), X, U). \quad (1)$$

Оскільки у складних системах складові (елементи) можуть перебувати в різних станах і взаємодіяти різними способами (зокрема й непередбачуваними), то розробити математичний опис (алгоритм) дії таких систем за допомогою існуючих математичних засобів неможливо.

Узагалі кажучи, синтаксичну структуру Y вигляду

$$Y_n = F[Y_{n-1}, S], \quad (2)$$

де $n \in \mathbb{N}$, $n \rightarrow \infty$, а S — деяка сукупність елементів, відмінних від Y_i , прийнято називати *рекурсивно* визначеною, оскільки в ній «форма цілого повторюється у формі частин» [23].

Зауваження. Сукупність S елементів, узагалі кажучи, може бути й порожньою, і тоді формула (2) спроститься до вигляду

$$Y_n = F[Y_{n-1}].$$

⁴ У простих системах кожен з елементів (складових) взаємодіє з іншими елементами так, що поведінка системи в цілому лишається незмінною.

У такий спосіб визначається, наприклад, послідовність чисел Фібоначчі:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2},$$

де $F_0 = 0$, $F_1 = 1$, $n \geq 2$, $n \in \mathbb{Z}$.

Якщо ж формулу (2) розгорнути, то будемо мати вираз

$$Y_n = F[F[\dots F[Y_{n-k}, S], S], \dots S], \quad (3)$$

в основі якого, вочевидь, лежить рекурсивна синтаксична структура [82], у якій S зокрема позначатиме пару (X, U) входів — некерованого X і керованого U .

2. «Зашумленість» складних систем — ще одна виключно важлива риса, яка характеризує труднощі процесів аналізу та управління ними.

Зашумленість зазвичай обумовлюється не стільки наявністю якихось спеціальних «генераторів випадкових перешкод», скільки складністю об'єкта і обумовленою нею неминучою великою кількістю різного роду другорядних (з точки зору цілей управління) процесів.

Отож поведінка об'єкта часто виявляється несподіваною для дослідника. Але цю несподіваність зручніше розглядати як випадковий чинник, як зашумленість, ніж з'ясовувати механізми другорядних процесів, що відбуваються у складній системі й породжують несподіванки в її поведінці. Будь-який складний об'єкт має багато схожих «несподіванок», що є свідченням його складності. Прикладами таких систем можуть слугувати *соціальні*, *біологічні*, *технологічні системи* та багато інших.

3. «Нетерпимість» до керування — вважається однією з найбільш прикрих рис складних систем.

Будь-яка складна система існує, взагалі кажучи, зовсім не для того, щоб нею керували. Вона негативно реагує на керування через «незалежність» свого існування від цілей суб'єкта, який бажає керувати нею. Важко сподіватися на те, що «власні» цілі складної системи збіжаться з цілями керування. Швидше за все вони будуть суперечити одна одній, що й призведе до «негативної» реакції складної системи на керування, мету якого з нею «не узгоджено».