

It is substantiated that the teaching of foreign languages on the basis of P. Galperin's theory of step-by-step knowledge acquisition control, the formation of mental actions and linguistic concepts creates conditions for students to consciously and consistently study the language structures, to work out speech acts with them, to acquire the ability to correctly and flexibly use them in communicative activities. In this way, an integrated combination of theory and practice is achieved: the assimilation of linguistic concepts and their functional use in speech communication. Compliance with certain stages makes it possible to purposefully manage the process of learning the material under study. This approach can be used in teaching various linguistic aspects (phonetic, lexical, grammatical), in formation of different types of speech activity (speaking, reading, listening, writing).

Key words: *teaching foreign languages, the stage-by-stage formation of mental actions, language and speech acts, communicative activities.*

УДК 004.4 (075.8)

doi: 10.31474/2077-6780-2018-2-34-58

М.П. КОСТЮЧЕНКО⁶

канд. пед. наук, доц., доцент кафедри охорони праці
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
м. Покровськ

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД У НАУЦІ ТА В ПЕДАГОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ. Ч. 2. ОНТОЛОГІЯ СИСТЕМ

Проаналізований категоріальний апарат системного підходу. Зміст понять розглядається в рамках онтології. Здійснений аналіз методів системного дослідження складних об'єктів техніки і дидактики. Висвітлені основні принципи та поняття системного підходу. Розглянуті складні рефлексивні та нереліксивні системи, системні інваріанти. Отриманий вербальний і математичний інструментарій дослідження набуває свого розвитку при застосуванні для аналізу педагогічних систем.

Ключові слова: *онтологія, системний підхід, об'єкт, система, модель, принципи, властивості, зв'язки, відношення, педагогічна система, керування.*

Постановка проблеми. Ця стаття є логіко-змістовим продовженням попередньої [18], тому орієнтована на онтологію (сутність) складних систем науки та педагогічних досліджень. Проблема полягає в тому, наскільки адекватний інструментарій системного підходу, який сформувався в рамках методології “великої науки”, для розв'язання завдань дидактики.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Універсальність апарату системних досліджень беззаперечна: не існує праць, в яких хоча б побіжно не було згадок або застосувань системного підходу, з огляду на системність об'єктів, які вивчаються. Внаслідок цього, ми обмежимося авторами публікацій та праць зі системного підходу, які наведені в попередній статті [18].

Мета статті. *Метою статті є теоретичне обґрунтування інструментарію системного підходу в науці та в педагогічних дослідженнях.*

Виклад основного матеріалу. Системний підхід слід розглядати як методологічний напрям у науці, до інструментарію якого відноситься сукупність принципів, прийомів, методів і моделей дослідження складних систем.

Розглянемо декілька принципів системного підходу в аспекті проектування, де під “*принципами*” розуміються “...вихідне, яке не потребує доказів положення теорії” [29, с. 346]:

- 1) **принцип багатоглядності**: будь-який об’єкт дійсності зазвичай розглядається в декількох аспектах опису, зокрема “...функціональному, конструкторському і технологічному” [30, с. 16];
- 2) **принцип ієрархічності** означає, що “... структурування уявлень про об’єкти проектування здійснюється за ступенем детальності опису” [30, с. 15];
- 3) **принцип декомпозиції** означає “... розбиття уявлень кожного рівня на ряд складових частин (блоків) з можливостями роздільного (поблочного) проектування об’єктів на різних рівнях...” [30, с. 15];
- 4) **принцип багатомірності**: будь-який об’єкт з точки зору складності можна моделювати деревом властивостей (показників) якості, в результаті чого складна властивість підлягає декомпозиції на групу більш простих властивостей, які відносно незалежні одна від одної та відображають різні сторони складної властивості (корінь дерева) [8];
- 5) **принцип цілісності** “...формулюється як внутрішня єдність об’єкта, його автономність у навколишньому середовищі” [23, с. 12]. Цілісність системного об’єкта визначається множиною його складових елементів, розгалуженістю зв’язків між ними і системоутворюючими факторами;
- 6) **принцип динамічності** полягає в тому, що складні системні об’єкти змінюються в часі природним чином чи за допомогою зовнішнього керування, що визначається як їх розвиток (прогресивний або регресивний). “...цілісність будь-якої системи та її структури стає очевидною найчастіше тільки на тлі її змін у часі, коли зміна стану однієї з підсистем неминуче тягне за собою і зміну інших” [34, с. 23]. Системний підхід вимагає розгляду об’єктів, які розвиваються, на всіх етапах їх життєвого циклу, а саме від дослідження й обґрунтування розробки (1-й етап) до утилізації (8-й етап) [16].

Системний підхід базується на системному мисленні, яке полягає в дослідженні об’єктів як цілісних утворень. Припускається, що вказані об’єкти є складовою частиною виділеної дослідником **предметної галузі** (ПГ, Ξ) – “...сукупність реальних об’єктів, відношень між ними” [19, с. 236]. Зауважимо, що поняття-синонім “**предметна область**” (ПО) застосовується при розгляді абстрактних (в граничному випадку – ідеальних) об’єктів (моделей), що описуються фактами, даними та знаннями [37].

Переходячи до більш загального поняття – **сутність** – “...елемент моделі предметної галузі, який означає об’єкт, предмет, поняття тощо” [36, с. 649]. Г.В. Рибіна поняття “предметна область” ототожнює з множиною **сутностей**, а під **проблемною областю** розуміє “...предметну область плюс сукупність розв’язуваних в ній завдань” [33, с. 39].

Вказані вище об’єкти (предмети, речовини, фізичні поля, явища, процеси і т. ін.), що розглядаються як системи, **класифікуються** на природні й антропогенні (штучні, створені людиною), матеріальні й абстрактні, неживі та живі, закриті та відкриті, малі та великі, прості та складні, статичні (“кістяки”) і динамічні, некеровані (некібернетичні) та керовані (кібернетичні), спонтанні та доцільні (цілеспрямовані), детерміновані (строγο визначені) та стохастичні (випадкові), чіткі та нечіткі, погано організовані та добре організовані (самоорганізовані), пасивні й активні, функціональні та синергетичні, монофункціональні та поліфункціональні, неперервні (континуальні) та дискретні (переривчасті), гомогенні та гетерогенні, лінійні та нелінійні, автоматизовані й автоматичні, хаотичні та самовідтворювальні, нереклексивні та рефлексивні, неадаптивні й адаптивні, деградуєчі (ентропійні) та саморозвиваючі тощо (класифікація систем за їх походженням, за описом

змінних, за типом їх операторів, за способом керування, за ступенем ресурсної забезпеченості керування розглянута в монографії Б.С. Флейшмана [38]).

Роль елементарного носія якості об'єкта, який розглядається як система, відіграє елемент. **Елемент** можна трактувати, як умовно неподільну частину цілого, межу умовного розчленування системи на складові частини відповідно до

поставленої мети дослідження (вибір елемента залежить від суб'єкта наукової діяльності). Аристотель називав "елементом" "те основне в складі речі, з чого річ складається, причому саме воно не ділиться далі за видом, так щоб утворювати інший (нижчий) вид..." [24, с. 51]. Останнє означає, що внутрішня будова елемента не цікавить дослідника.

Вербальне судження про об'єкт ПГ звично доповнюється **формалізацією**, тобто процесом перетворення словесного судження про об'єкт ПГ в логічне висловлювання у вигляді **формальної моделі** (морфологічної, інформаційної, функціональної, синергетичної тощо). Як зазначають В.І. Лямець і А.Д.Тевяшев, формальна модель використовується як "шаблон", за допомогою якого дослідник приступає до побудови спочатку **змістової моделі** ("формальної моделі, яка наповнена змістовою сутністю із заданої ПГ" [21, с. 80]), а потім – **математичної моделі** (ММ).

Зазначимо, що часто змістова модель є **концептуальною моделлю**, тобто абстрактною моделлю ПГ що "... складається з переліку взаємозалежних понять, що застосовуються для опису цієї галузі, разом із властивостями, характеристиками, класифікацією цих понять за типами, ситуаціями, ознаками у даній ПГ й законів протікання процесів у ній" [37, с. 433]. Поглиблення ступеня абстрагування та перехід на істинно формалізовану мову, яка не допускає двозначного тлумачення, – це перехід від змістового опису об'єкта до його ММ – "...наближеного опису будь-якого класу явищ зовнішнього світу, виражений за допомогою математичної символіки" [37, с. 407]. ММ виступає як сукупність математичних співвідношень, рівнянь та їх систем, нерівностей, геометричних фігур тощо, що описують структурні та динамічні закономірності, які притаманні досліджуваному об'єкту ПГ.

З урахуванням вище викладеного, реальний **об'єкт** – **сутність, яка задіяна в якомусь явищі чи процесі**. Зокрема, студент зазвичай вивчається дwoяко: 1) як **об'єкт діяльності**, що приймає участь у процесі навчання і 2) як **суб'єкт діяльності** – носій суб'єктивного.

Об'єкти ПГ і ПО розглядається як системи (матеріальні та нематеріальні). Для складних об'єктів можна дати таке означення: **Система** (S) – "...це виділена з середовища сукупність матеріальних або абстрактних об'єктів (що мають певний набір властивостей), взаємодія яких забезпечує досягнення необхідної мети протягом певного часу" [21, с. 21]. Стандартизоване визначення таке: "Система (*system*) – сукупність взаємопов'язаних або взаємодійних елементів"

[5, с. 12]. У матеріальній системі можливе виділення множини об'єктів, пов'язаних спільністю структури, властивостей, поведінки, зв'язків і семантики – **клас**. Конкретний об'єкт, який має властивості, які притаманні визначеному класу, має назву "**екземпляр класу**".

Будь-яка система, з одного боку, включена в **метасистему** (гр. *meta* – за), тобто у відносно більш масштабну систему, в яку входить досліджувана система як складова частина. З другого боку, будь-яка система відокремлена від **надсистеми** (системи більш високого рівня ієрархії), роль якої може відігравати: 1) **інша система** (соціальна, виробнича, економічна, технічна тощо), в якій ця система входить як окремий елемент або виконує певну функцію, і 2) **зовнішнє середовище** (повітря, вода, плазма тощо). Проте вказана відокремленість цієї системи від метасистеми чи надсистеми не заважає взаємодіяти з ними як єдине ціле.

Відповідно до концепції Дж. Кліра [9], будь-яка система може досліджуватися на двох рівнях: перший розглядає множину базисів, з кожним із яких пов'язана певна множина її

елементів, а другий – множину властивостей, із кожною з яких пов’язана множина проявів системи. Звідси загальну ММ системного об’єкта Дж. Клір подає так:

$$M_0 = \{(a_i, A_i) \mid i \in N_n, (b_j, B_j) \mid j \in N_m\} \quad (1)$$

де a_i і A_i – i -й базис і відповідна множина елементів; b_j і B_j – j -та властивість та множина її проявів відповідно; $N_n = \overline{1, n}$; $N_m = \overline{1, m}$; M_0 – модель об’єкта, яка не враховує ієрархічну структуру цілей і завдань керування об’єктом.

Під **властивістю** В.І. Кирилов розуміє “...сукупність характеристик об’єкта, які відносяться до його здатності задовольняти встановлені або передбачувані потреби” [8, с. 9], а **характеристика** (якісна чи кількісна) – те, що відображає деяку властивість системи (характеристика полягає у зазначенні будь-яких помітних ознак об’єкта, важливих у певному відношенні). Кількісні характеристики системи, її стану чи властивостей мають назву “**параметри**”.

Розглянемо основні **системні інваріанти**, тобто *властивості, які є незмінні в різних реальних складних об’єктах природи, техніки та суспільної сфери, що вивчаються як системи*. Зміст понять (смісл термінів) будемо розглядати в рамках **онтології** (гр. *όντος* – суще, те, що існує і *λόγος* – вчення, наука), тобто науки про сутність буття та його матеріальні форми (речовина, поле) чи абстрактні форми (моделі об’єктів дійсності, закони, принципи) [16; 29]. Іншими словами, науковий аналіз об’єктів ПГ ми покладемо в канву **онтологічного підходу**, який, як правило, реалізується за словесним алгоритмом, компоненти якого об’єднані символом імплікації \Rightarrow (“якщо..., то...”):

Аналіз концепту (змісту поняття, думки, розумового прообразу) \Rightarrow Аналіз зв’язків між поняттями \Rightarrow Побудова концептуальної схеми (моделі, знакової системи), яка адекватно описує ПГ, що досліджується.

До основних понять системного підходу відносяться: склад системи, структурність, ієрархічність, цілісність, замкнутість, відкритість, динамічність, наявність певної організації. Сформулюємо відповідні визначення для **складних систем**, де поняття “*складність*” трактується кількістю елементів, різноманітністю елементів і зв’язків (відношень) між ними, кількістю рівнів ієрархії, кількістю входів і виходів системи й іншими ознаками.

1. Будова системи (склад) – певний набір частин, або компонентів. Для відносно простих матеріальних систем кожний **компонент** є однорідний (у сенсі речовини, структури) та складається з сукупності взаємозв’язаних або / і взаємодіючих однорідних елементів, які “...об’єднані загальними функціями при забезпеченні виконання загальних цілей розвитку системи” [39, с. 23]. Сукупність компонент являє собою **конгломерат**. Зазначимо, що термін “**сукупність**” означає “...з’єднання або набір частин в єдину множину або суму безвідносно форми або порядку” [21, с. 440]).

Для складних систем вводиться поняття “**підсистема**”, зміст якого О.С. Риков розуміє як “...відносно незалежна частина системи, що має властивості системи, і, зокрема, має підмету, на досягнення якої орієнтована підсистема, а також інші властивості – цілісність, зв’язність, організацію” [34, с. 11].

Підсистемою називають *складову частину системи, яка сама є системою*. Підсистеми отримуються в результаті декомпозиції системи на ієрархічні рівні. Наприклад, такий об’єкт, як асинхронний двигун, складається з таких закінчених частин (підсистем), як статор і ротор. Виділення підсистем залежить від **мети** функціонування системи, а спосіб цього виділення може змінюватися “...в міру її уточнення та розвитку уявлень дослідника про об’єкт аналізу або проблемну ситуацію” [34, с. 12].

2. Зв’язність – це *кількісна характеристика, яка визначає наявність безпосередніх зв’язків між елементами й ієрархічними рівнями системи з врахуванням виду й інтенсивності цих зв’язків* [3, с. 142].

Для визначення зв'язності будується матриця інцидентності (зв'язності). Очевидно, всі реальні системи у формі тіл природи і техніки мають ознаки зв'язності, яка конкретизується у властивості *міцності*. Тіло без міцності не є реальне.

Поведінка складної системи S унеможливується без попереднього формування множини зв'язків між її елементами. На наш погляд, **зв'язки в системі** – *взаємна залежність, взаємопов'язаність, взаємодійність або фізична сполученість будь-яких елементів, тобто все те, що об'єднує елементи системи в єдине ціле, накладаючи взаємні обмеження на функціонування, поведінку та розвиток один одного, а також зменшує різноманіття можливих станів системи* [14].

Із великої кількості різноманітних видів **зв'язків** виділимо такі: інформаційні, речовинні, енергетичні, ресурсні, системоутворюючі, орієнтуючі, регулюючі, керуючі, ситуаційні, будови (структурні), взаємодії (координації), прямі та зворотні, позитивні та негативні, функціонування, синергетичні, детерміновані, імовірнісні, стохастичні, кореляційні, нечіткі, жорсткі, гнучкі, однозначні, багатозначні, генетичні (породження), перетворення, розвитку, стаціонарні (склерономні), нестаціонарні (реономні) і т. ін. [16].

Нехай елементи системи $a_i, i = \overline{1, n}$ задані скінченною множиною $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, тобто множиною, кількість елементів якої є скінченна. Це означає, що існує натуральне число $k \in N$, яке є числом елементів цієї множини. Як показано в праці [3], для визначення зв'язності між елементами системи будується матриця інцидентності (зв'язності) $C = \|c_{ij}\|$,

елементи якої визначають на основі матриці елементів $A_\Sigma = \sum_{k=1}^M A^k$. Елемент матриці

інцидентності $c_{ij} = 1$, якщо елементи матриці елементів $a_{ij}^\Sigma \geq 1$, і $c_{ij} = 0$, якщо $a_{ij}^\Sigma = 0$, де значення елемента a_{ij}^Σ визначає інтенсивність зв'язків між i -м та j -м елементами.

Геометричною інтерпретацією зв'язності є граф, в якому зв'язність всіх елементів в структурі відповідає виконанню умови:

$$0,5 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \geq n - 1, i \neq j. \quad (2)$$

Автор у праці [10] показав, що при розробці моделі методу навчання, взаємопов'язані та послідовні прийоми навчання можна формалізувати за допомогою орієнтованого графу (орграфу) $G = (V, E)$. Вершини орграфу (вузли) v_1, v_2, \dots, v_m є прийоми навчання, а орієнтовані ребра (дуги) e_1, e_2, \dots, e_n – це послідовні зв'язки (відношення) між ними, які визначають хід реалізації методу навчання. Орграф G може бути поданий **матрицею інцидентності** $B = \|b_{ij}\|$ розміру $m \times n$, рядки якої відповідають вузлам орграфу, а стовбці його дугам.

Відношення – це також зв'язок між елементами, який “...представлений в абстрактній формі, є відображенням “фізично наповнених”, реальних зв'язків, так що відношення можна назвати ненаповненим зв'язком” [28, с. 9]. Іншими словами, у наведеному визначенні відношення міститься інтенція на факт зв'язку без вказівки на її природу.

Можна навести приклади безлічі **відношень**, а саме змістових, структурних, просторово-часових, якісних, кількісних, порядкових, каузальних, логічних, семантичних, інваріантних і т. ін. Наприклад, учасники навчального процесу переважно взаємодіють між собою за допомогою відношень, які часто приймають форму **відносин** (стосунків, взаємин). Зокрема, міжособистісні стосунки (відносини), які формуються на діяльності та реалізуються у взаємодії, можуть бути ігрові, навчальні, трудові, професійні, творчі і т. ін. В основі їх є спілкування, комунікація, обмін повідомленнями (інформацією, знаннями).

Поняття “відношення” і “властивість” близькі за сенсом. Як показали Ф.І. Перегудов і Ф.П. Тарасенко, *властивістю* називають деякий *атрибут* (невід’ємна властивість, ознака) матеріального об’єкта, його потенційна здатність мати певну якість. Це “...виявляється в процесі взаємодії об’єкта (носія властивості) з іншими об’єктами, тобто в результаті встановлення деякого відношення” [31, с. 81].

3. Структурність (структурованість) – інтегративна якість складної системи, походження якої в наявності елементів та зв’язків між ними. Власне кажучи, зв’язки визначають функціонування та розвиток системи, її взаємодію з метасистемою, завдяки масо-, енерго- й інформаційному обміну між елементами системи. Цим система відрізняється від простого конгломерату.

Як вказує О.С. Риков, “саме *структура* надає системам необхідну цілісність і визначає стійкі характеристики системи, що дозволяють відрізнити те, що називають системою, від об’єктів іншого виду” [34, с. 21] (курсив мій. – М.К.).

Інтенсивність (“сила”) зв’язків у системі повинна перевершувати інтенсивність зв’язків системи з елементами як надсистеми (зокрема, зовнішнього середовища), а також із елементами метасистеми (наприклад, університету з відділами МОНУ). Як показав П.М. Хом’яков, “... системний підхід передбачає при вивченні заданого об’єкта три рівні розгляду – сам об’єкт, структуру взаємозв’язків його підсистем і, нарешті, його місце в системі більш високого рівня” [39, с. 51].

Якщо система S має n елементів, то для довільних i та j елементів існує *структурна компактність* D , яка відображає просторову близькість елементів між собою [3]:

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad (3)$$

де d_{ij} – просторова близькість; відносний показник структурної близькості D_{min} ; діаметр структури d можна визначити за формулами: $D_{min} = n(n+1)$; $d = \max d_{ij}$, $i = \overline{1, n}$, $j \neq i$.

Структура визначає будову, конструкцію та форму (конфігурацію), тобто *морфологію системи* (дав.-гр. *μορφή* – “форма” + *λογία* – “слово”, “вчення”) – “... зафіксовану в просторі, що спостерігається, фізично реалізовану сукупність ланок структури системи” [39, с. 25].

Як показано в праці [39], структура *гомогенних* (корпускулярних) систем, як правило, є аморфна тому, що складається зі “досить однорідних і відносно слабо пов’язаних між собою елементів”. У таких системах елементи практично вважаються компонентами. Прикладом може бути газ, поміщений в деяку ємкість (без ємкості границі газу будуть розмиті). Реакція гомогенних систем на зовнішні збурення має суттєво ймовірнісний характер. Тимчасом, *гетерогенні* системи складаються з істотно різних компонентів, які відносно інтенсивно взаємодіють одна з іншою, а їх структура, як правило, має чітку морфологію. Границі в просторі таких систем чітко окреслені, вони ведуть себе як цілісні об’єкти, а реакція на зовнішні збурення має переважно детермінований характер. Це обумовлено наявністю у системі системоутворюючих зв’язків, аналіз яких ми здійснимо у наступній статті.

4. Ієрархічність – наявність багаторівневої структури, а саме якісних ієрархічних рівнів (рівнів абстрагування). Поділ опису системи на частини з подальшим їх роздільним дослідженням називається *декомпозицією*, або *стратифікацією*. Процедура декомпозиції дозволяє розділити систему на частини (шари, страти, рівні тощо), які належать більш нижчим рівням ієрархії, тобто на підсистеми й елементи.

На рис.1 зображена чотирьохрівнева декомпозиція, де ПідС – підсистема, Е – елемент. Особливість ієрархії у наявності підпорядкування, що виражається в нерівноправних

зв'язках між підсистемами, а також між елементами, які входять у різні підсистеми, та відповідають різним рівням абстрагування.

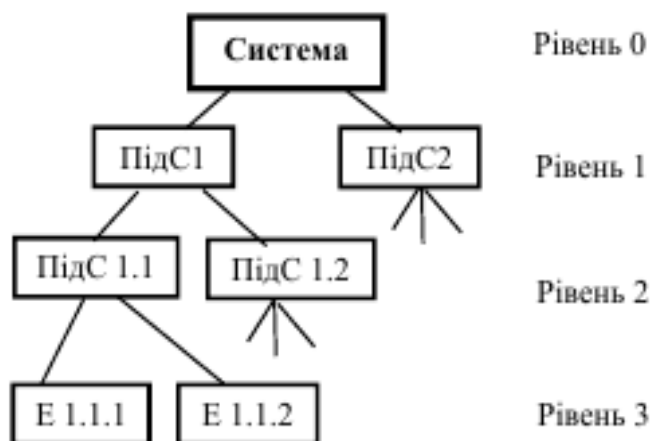


Рис. 1. Чотирьохрівнева ієрархічна структура складної системи

суб'єктивний сенс, що залежить від особи, яка приймає рішення, або від групи людей (колективне рішення). Синонімами “мети” є завдання, орієнтир. Стандарт ДСТУ ISO 9000:2015 розглядає тільки термін “**ціль**”(objective), яка вбачається тільки об'єктивною. **Ціль** – результат, який має бути досягнуто. Ціль може бути подано іншими способами, наприклад, як запланований результат, призначеність, операційний критерій, як ціль у сфері якості тощо. Ціль може бути стратегічною, тактичною чи оперативною [5].

Отже, **цілісність** – наявність у системі інтегративних (цілісних) якостей, які не властиві утворюючим її компонентам.

Примітка 2. Цілісність часто іменують як “**взаємний зміст**”. Нехай C_c – системний зміст системи, яка представляє собою спільну ймовірність $P_j, j = \overline{1, m}$ відповідних станів елементів системи, тобто добуток умовних ймовірностей тих чи інших станів різних елементів), C_o – власний зміст системи (відповідає ймовірностям $P_{j0}, j = \overline{1, m}$ апріорно (до прийняття рішення) спільним ймовірностям окремих станів різних елементів системи або добутку ймовірностей окремих апріорних станів елементів поза зв'язку їх між собою). Тоді взаємний зміст C_e , або **цілісність системи** визначається як різниця системного і власного змісту системи [3]:

$$C_e = C_c - C_o. \quad (4)$$

6. Інтегративні якості системи. Зародження будь-якої системи, зокрема, педагогічної, пов'язано з формуванням її структури, при цьому проявляються та розвиваються функції, які зовні фіксуються в діях, діяльності та поведінці суб'єктів (студентів) – активних елементів. Іншими словами, властивості елементів перетворюються у функції та виникає інтегративна якість педагогічної системи (ПС) певного рівня.

Відповідно ДСТУ ISO 9000:2015, “**якість** (quality) – ступінь, до якого сукупність власних характеристик об'єкта задовольняє вимоги” [5, с. 13]. Роль об'єкта може відігравати сутність, система, елемент. Для такої освітньої системи, як педагогічна, якість є атрибутом, який притаманний системі (організації) в цілому, але не властивий ні одному з її елементів окремо. Мається на увазі якість **освітніх послуг**, що охоплює не тільки їхні передбачені функції та характеристики, але також їхні сприймані цінність і користь для студентів. Рівень вказаної якості (низька, хороша або висока) визначається системою управління якістю (СУЯ), яка охоплює дії, за допомогою яких *організація* (навчальний заклад) ідентифікує свої цілі, планує, визначає процеси й ресурси, потрібні для досягнення бажаних результатів,

керує процесами та їх взаємозв'язками, здійснює моніторинг показників навчальної діяльності та прагне результативного й ефективного досягнення цілей організації у сфері якості. Висока якість освітніх послуг організації визначається здатністю задовольняти бажані потреби здобувачів вищої освіти. Підвищення інтегративних якостей організації, зокрема педагогічної системи, відбувається паралельно з формуванням її цілісності.

У загальному випадку формування цілісності супроводжується зародженням, встановленням, ускладненням, розвитком і зміцненням зв'язків (відношень) між первинними елементами та проходить такі ступені: *сукупність, комплексність, впорядкованість, організація, система* (як зінтегрований об'єкт), синтезована система (синтез – найвища ступінь інтеграції). Практичним підтвердженням наявності синтезу в природі є процеси самоорганізації в нерівноважних системах, які характерні тим, що складові елементи розвиваючих систем трансформуються в якісно нові елементи, при одночасному збідненні їх індивідуальності та посиленні зв'язків між ними (хімічні та ядерні реакції синтезу) або первинна структура системи руйнується до рівня злиття різнорідних (різномірних) елементів у однорідну цілісність з максимально можливими енергетичними зв'язками, що характерно для сингулярного стану матерії (“чорні дірки” Всесвіту). Останнє твердження відповідає *закону підвищення цілісності*.

Таким чином, основною ознакою зінтегрованого об'єкта, який розглядається як система, є *цілісність*. Цілісність системи проявляється трьома закономірностями:

1. “Внутрішня єдність об'єкта, його автономність у зовнішньому середовищі” [23, с.12].
2. *Неадитивність* – цілісна система не зводиться до суми її частин, властивості системи не є сумою властивостей елементів, тобто “...існують інтегративні якості (властивості)... які притаманні системі в цілому, проте не властиві ні одному з її елементів окремо” [28, с. 10].
3. “Цілісність системи та її інтегративні властивості визначаються... не будь-якими, а лише істотними зв'язками (відношеннями)” [28, с. 9]. Проте властивості системи залежать від властивостей елементів, зміни в одній частині системи спричиняють зміни в інших частинах, а також у всій системі. Зміна властивостей і поява нових якостей розвиваючого об'єкта, відмінних від властивостей складових елементів, має назву “*емерджентність*” (англ. *emergence* – раптове виникнення), а явище (ефект) посилення процесів самоорганізації (вдосконалення організації) внаслідок кооперативної дії підсистем і елементів – “*синергізм*”.

7. Замкнутість. Між матеріальною системою та надсистемою є певна просторова межа (поверхня). Замкнутість не заперечує наявності зв'язків (відношень) системи з надсистемою.

8. Відкритість. Реальні системи є відкриті, тобто вони перебувають у стані рухомої рівноваги: постійно обмінюються з надсистемою (зовнішнім середовищем) потоками речовин, енергії й інформації. Ця властивість системи взаємодіяти зі зовнішнім середовищем дозволяє розглядати *вхідні параметри* (сигнали, збурення) – дії середовища на систему, і *вихідні параметри* – дії системи на середовище.

Отже, система може виступати як перетворювач вхідних дій у вихідні. Навпаки, система може зазнавати керуючих діянь з боку іншої, так званої “*керуючої системи*” – метасистеми (природної, технічної, соціальної).

На відміну від *закритих систем* (ізольованих від зовнішніх впливів), які підпорядковуються другому закону термодинаміки і котрі прагнуть до граничної неупорядкованості, що максимізує ентропію в системі, *відкриті системи* можуть зберігати високий рівень організованості й підвищувати ступінь упорядкованості та складності, що є однією з найбільш важливих ознак біологічних, економічних і соціальних систем і процесів.

9. Динамічність. Поняття “динамічність” ґрунтується на змісті поняття “стан”. *Стан системи* (об'єкта керування) – це характеристика системи на даний момент її функціонування та розвитку. Як показано в системному аналізі [7], послідовність станів

складної системи E_1, E_2, \dots, E_n формалізується через множину значень її внутрішніх X , зовнішніх Y , керуючих U параметрів і параметрів (факторів) ризику R . Певний стан системи E_k виразимо адитивним чином через символ кон'юнкції:

$$E_k = \{(X_k \in X) \wedge (Y_k \in Y) \wedge (U_k \in U) \wedge (R_k \in R)\} \quad (5)$$

Більш просунуте за суттю визначення таке. **Стан системи** – це “...режим її функціонування, коли її інтегральні показники знаходяться в гомеостазі зі зовнішнім середовищем, а узагальнена структура системи залишається незмінною в часі і просторі” [39, с. 41]. При цьому ми будемо розрізняти:

1. **Змінні стану** – змінні величини, значення яких описують будь-яку якість системи, а в сукупності – її стан в даний момент часу. Іншими словами, це кількісні характеристики системи $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$, які на відміну від її параметрів приймають різні числові значення при розвитку системи. Очевидно змінні стану $x_i(t), i = \overline{1, n}, t \geq 0$ в момент часу t є функцією початкового стану $x_1(0), x_2(0), \dots, x_n(0)$ і вхідних керуючих впливів $u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)$.

2. **Параметри системи** – це характеристики системи, які залишаються постійними і змінюються лише тоді, коли змінюються сама система. Як приклад, можна взяти макроскопічні термодинамічні змінні – фізичні величини, які називаються **функціями стану**. Зокрема, внутрішня енергія U в термодинаміці (В. Томсон, 1851 р.), яка є однозначною функцією її макроскопічного стану, тобто залежить від макроскопічних параметрів стану, наприклад, температури і об'єму, тобто $U = U(T, V)$ і не залежить від характеру процесу, який привів її в цей стан ($\oint_L dU = 0$), де L – довільний замкнений контур.

Отже, стан системи визначають через вхідні впливи й вихідні сигнали (результати) або через макроскопічні параметри (температура, об'єм, тиск тощо).

Процеси в системі (лат. *processus* – просування) – це “...сукупність послідовних дій для досягнення будь-яких результатів” [21, с. 437]. Якщо до сукупності послідовних дій даної системи додаються всі її реакції на зовнішні впливи, пов'язані зі змінами параметрів метасистеми (надсистеми), то говорять про **поведінку системи**, яка є функцією змінних стану, параметрів і часу.

Примітка 3. Термін “процес” стандартизований та лежить в основі **процесного підходу**, який передбачає *систематичне визначання процесів, їх взаємодій та керування ними з тим, щоб досягати запланованих результатів відповідно до стратегічного напрямку організації*, (зокрема, політики у сфері якості), а також виконання **вимоги** – сформульованої чи установленої потреби, мети (цілі) чи очікування. Залежно від контексту посилення “запланований результат” процесу називають виходом, матеріальною продукцією або нематеріальною послугою [5]. Очевидно, процес викладання у навчальному закладі – це послуга. Отже, **процес** (*process*) – “сукупність взаємопов'язаних або взаємодійних робіт, що використовують входи для створення запланованого результату” [5, с. 11].

Поведінка системи – зовнішній прояв її *функціонування*, тобто виконання нею своїх функцій: *головної* (відповідає меті, призначенню системи), *основної* (відображає орієнтацію системи), *допоміжних* (сервісних), *непотрібних* (некорисних) і *шкідливих*. У більш широкому сенсі, **поведінка системи** (не обов'язково технічної) – це *сукупність дій даної системи і всіх її реакцій на зовнішні впливи: зміни параметрів метасистеми (довкілля)*.

При моделюванні *поведінка* є функцією параметрів системи, її змінних стану та часу. У термінах лінійної алгебри *внутрішні параметри* x_1, x_2, \dots, x_n системи S задамо вектором $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Аналогічно виразимо *вихідні параметри* $Y = (y_1, y_2, \dots, y_k)$, що характеризують дію системи на зовнішнє середовище, *збурення* $G = (g_1, g_2, \dots, g_r)$ з боку

зовнішнього середовища, керування $Q = (q_1, q_2, \dots, q_m)$ з боку керуючої системи. Тоді **функція системи** S (лат. *function* – виконання, звершення) полягає в перетворенні входів Q у виходи Y , тобто $Q \Rightarrow Y$, а її **поведінка** описується ММ виду [16]:

$$Y = F(X, Q, G), \quad (6)$$

де F – оператор, тобто закон відповідності внутрішніх, керуючих і збурювальних параметрів параметрам виходу Y технічної (соціальної, педагогічної тощо) системи.

Зауважимо, що при функціонуванні, а тим більше, при розвитку системи, деякі вихідні параметри y_i ($i = \overline{1, k}$), приймають різні числові значення, тобто залежать від часу $y_i(t)$, тому вони називаються **фазовими змінними** стану системи.

Поведінка системи може бути зовнішнім проявом не тільки її функціонування, а й розвитку. Сучасна теорія розвитку ґрунтується на синергетиці та стверджує, що **прогресивний розвиток** складної відкритої системи, пов'язаний зі зменшенням її ентропії (збільшенням її негентропії) за рахунок споживання інформаційних, енергетичних і речовинних ресурсів з боку надсистеми, а межа досконалості системи відповідає максимуму негентропії та ряду її параметрів, наприклад, коефіцієнта корисної дії. Далі, як правило, відбувається регресивний розвиток системи з неминучим зростанням ентропії (інформаційної, структурної та термодинамічної) та з плином часу відбувається руйнування системи та настає її ліквідація (смерть) (подробіці див. в джерелі [1]).

10. Складність системи – властивість, яка визначається кількістю елементів, їх різноманітністю (зокрема, пасивні, активні), різними властивостями елементів, різною якістю та кількістю прямих і зворотних зв'язків, розмірами системи та високим рівнем невизначеності при вербалізації системи. Прикладом складної може бути педагогічна система (ПС).

Критерієм складності системи є наявність у ній можливостей для взаємозамінності (дублювання) елементів, підсистем, ланок, зворотних зв'язків, видів енерго- та інформаційного постачання тощо [23]. Для цих систем “...дублювання систем зворотного зв'язку підвищує стійкість їх роботи, ефективність, надійність”. Зокрема, “...ефективність зворотних зв'язків визначає цілісність системи” [39, с. 40].

Як показав У.Р. Ешбі, різноманітність, яка формалізується ентропією, є **мірою складності** системи [42]. Нехай p_i – імовірність i -го стану системи з n можливих ($i = \overline{1, n}$). Тоді кількісна міра невизначеності станів системи, або невизначеності ситуації з n дискретними наслідками, визначається формулою К. Шеннона [41]:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i, \quad (7)$$

де H – **інформаційна ентропія** (поточна невизначеність системи), біт.

Нехай складна система S складається n елементів, для кожного з яких реалізується k рівномірних станів. Тоді, відповідно наслідку формули Хартлі в інформатиці, імовірність стану елемента $p_i, i = \overline{1, m}$ визначається як $p_i = 1/k$. У цьому випадку складність W системи S визначається так $W = \log_2 k^n = n \log_2 k = n \log_2 (1/p_i) = -n \log_2 p_i$. У більш широкому розумінні, а саме у випадку, коли ймовірності станів елементів системи різні ($p_i \neq const$), **складність W системи** S визначається так:

$$W = -n \cdot \sum_{i=1}^m p_i \cdot \log_2 p_i. \quad (8)$$

11. Наявність певної організації. Організація системи – сукупність структури системи і способів функціонування її підсистем й елементів. Характер організації системи в значній мірі визначає її чутливість до змін параметрів під дією зовнішнього середовища.

Очевидно, що елементи мають вищу інформаційну ентропію, ніж ентропія цілісної системи $H(S)$. Іншими словами, ентропія певної організації менша ентропії системо-формуєчих факторів $H(F)$ [28]:

$$H(S) < H(F) \leq k \ln(n a \gamma b l t), \quad (9)$$

де k – постійна Больцмана, n – число елементів системи, a – число системо-утворюючих властивостей елемента, γ – число істотних зв'язків, які може мати елемент, b – число системо-утворюючих властивостей зв'язків, l – число квантів простору, t – час, в якому існують елементи, зв'язки та їх властивості.

Якість організації системи оцінюється з точки зору досягнення системою поставлених цілей у певному середовищі.

12. Стійкість. Стійкість є позитивною властивістю системи, яка забезпечує її функціонування, розвиток та збереження цілісності. Вона проявляється в незмінності в певних припустимих межах параметрів і характеристик системи, підтриманні режиму функціонування та розвитку при збурюючих діях надсистеми, інваріантності (незмінності) поведінки, яка завдячується емерджентністю та цілісністю системи, а також її **інерційністю** – “...здатністю системи протидіяти зовнішнім і внутрішнім діям, які мають мету змінити її раніше намічений рух або розвиток” [23, с. 73] та відображає рутинність систем, що обмежує керування ними. Дійсно, з аналогією з механічними системами, інерційність є мірою її “масивності”, яка визначається числом елементів, їх агрегованістю за ієрархічними рівнями (агрегування – операція протилежна декомпозиції, тобто операція утворення агрегату), а також типом зв'язків у системі (“...система тим інерційніша, чим менш жорсткими є зв'язки” [3, с. 148]). Величина інерційності системи визначає ступінь її захищеності від дій змінних зовнішніх сил та мінливості зовнішнього середовища.

Зазначимо, що стійкість проявляється неоднаково в різних класах систем (динамічних, функціональних та синергетичних).

А. Динамічні системи – математична абстракція, прообразом якої можуть бути реальні механічні системи або фізичні процеси. Головна властивість цих систем є **детермінованість** (у лапласівському розумінні): стан системи в початковий момент часу однозначно визначає подальші стани системи, тобто подальшу її поведінку. Вказане відноситься до механічних і планетарних систем. Зв'язки динамічних систем являють собою **взаємодію** (механічну, електричну, хімічну тощо), а **стійкість** забезпечується пасивними формами, до яких відносяться міцність, збалансованість і гомеостаз [14; 20]. **Гомеостаз** (гр. *ὁμοιος* – однаковий, подібний і *στάσις* – стояння, нерухомість) з надсистемою реалізується за допомогою негативних зворотних зв'язків, що забезпечує рухливу стійкість системи.

Б. Функціональні системи – системи, яким притаманна організація та наявність функціональних зв'язків. Окрім цього, цим системам притаманна [14]:

1Б. Структурна стабільність – здійснення періодичних змін свого стану, при практично незмінній структурі системи.

2Б. Стабілізація (лат. *stabilis* – стійкий) – пасивна форма стійкості для динамічних і функціональних систем, яка полягає в зміні динамічних властивостей системи, що спрямовані на підвищення її стійкості та зменшення впливу зовнішніх збурень шляхом зміни параметрів або структури системи.

3Б. Саморегулювання, самокерування та самодетермінація – активна форма стійкості для складних технічних, організмичних, соціальних (зокрема, педагогічних), економічних, екологічних та ін. систем. Вказані системи за рахунок одночасної дії негативних і позитивних зворотних зв'язків забезпечують свою стійкість доцільною або цілеспрямованою поведінкою. Очевидно, такі системи входять у клас кібернетичних систем.

В. Синергетичні (самоорганізуючі, розвиваючі) системи – відкриті складні системи, які завдяки нерівноважності, залежності структур від функцій, наявності внутрішніх зворотних (позитивних і негативних) і кооперативних зв'язків, а також функціональних зв'язків між системою і метасистемою здатні розвиватися, проходячи еволюційний і біфуркаційний етапи [16]. Вказаним системам притаманні активні форми стійкості [14]: перешкодостійкість, керованість, саморегулювання, адаптація, самоорганізація, надійність, живучість, самонавчання. Ключову роль у названих процесах відіграє специфічна просторово-часова організація нерівноважної системи та зворотні функціональні зв'язки, опосередковані зовнішнім середовищем. Синергетичні системи входять до класу *динамічних*, тому що в них завжди відбуваються якісь зміни.

13. Доцільність і цілеспрямованість. Як стверджує Б.С. Флейшман, “системи, не здатні до акту рішення, будемо називати простими” [38, с. 407]. Як показав М.М. Моїсеєв, навпаки, складні системи здатні до актів рішення та поділяються на два класи в залежності від типу їх поведінки, а саме класи рефлексивних і нерефлексивних систем.

До класу систем рефлексивного типу (керованих, самокерованих) відносяться прості системи, як біологічні (живі системи), так і технічні. Керування в таких системах здійснюється за допомогою негативного зворотного зв'язку $РЕАКЦІЯ = f(СИГНАЛ)$, тобто формально

$V = f(X)$, намагаючись відійти від своєї гомеостатичної межі, яка пов'язана з ризиком виходу з програмного функціонування та можливого руйнування. Ці системи отримують інформацію (сигнали) про надсистему (довкілля) та оцінюють своє положення по відношенню до границі гомеостазу (вектор X) і як результат, вони формують свої дії (рухи) в залежності від характеру цієї інформації (вектор V) [25].

Навпроти, *нерефлексивні системи* – складні системи, які мають цілеспрямовану поведінку. До них відносяться складні технічні системи (автоматизовані й автоматичні з елементами штучного інтелекту), ергатичні та соціальні (зокрема, педагогічні). Нерефлексивні системи здатні до вибору своєї поведінки в залежності від іманентної (внутрішньо притаманної) мети. Зокрема, вказані системи є такі, що “...розвиваються, тобто змінюють свої функції, структуру, внутрішні процеси протягом усього життєвого циклу – проектування, виготовлення, експлуатації, ліквідації” [4, с. 8].

Процес *цілепокладання* для складних систем є першою функцією керування. У свою чергу, *цілеспрямованість* – це основа функціонування і розвитку складних систем, які відносяться до класу нерефлексивних [17].

Цілепокладання є інтуїтивний, слабо-формалізований процес, який істотно залежить від рівня компетентності та дискурсивного досвіду дослідника. Відносно частіше здійснюють постановку *об'єктивної мети* – майбутнього реального (конкретного) стану системи або результату, який прагнуть досягнути в процесі функціонування або (і) розвитку системи.

Отримана головна (загальна, генеральна, стратегічна, глобальна) мета M потребує використання процедури поетапної декомпозиції відповідно на цілі функціонування і (або) розвитку підсистем й елементів, які повинні бути ранжовані відносно вкладу в головну мету та задовольняти критерії відносної важливості цілей, їх корисності для системи чи користувача, ресурсної досяжності, безпечності і т. ін. Ця нетривіальна проблема не завжди має задовільне вирішення навіть при застосуванні верифікованої методики системного аналізу, зокрема PATTERN. Тут вступає в силу методологічний апарат теорії прийняття рішень в умовах визначеності, ризику, стохастичної (статистичної) невизначеності та нестохастичної невизначеності (нечіткості), проаналізованих автором у посібнику [16]. Варто розглянути процедуру перетворення конструктивних цілей $C_i, i = 1, 3$ функціонування або (і) розвитку підсистем, заданих графом цілей логіки “Г”, в іншу структуру $C_j, j = 1, 10$, що ілюструється графом з логікою “Г”/ “АБО” (рис. 2).

“Дерево цілей” – це графічне зображення системи цілей, яка розчленована на головну мету M (нульовий рівень ієрархії), на підцілі (перший рівень ієрархії), завдання (другий рівень ієрархії) та окремі дії (третій рівень ієрархії). Вказані цілі підпорядковані за рівнями ієрархії та за взаємозв’язками на кожному рівні. Таким чином, підцілі $C_i, i = \overline{1, 3}$ повинні бути підпорядковані головній меті M , співставні за масштабом і значущістю, а також їх вербальне формулювання повинно забезпечити їх *квантифікацію*, тобто можливість знайдення кількісної оцінки ступеня досягнення цілей.

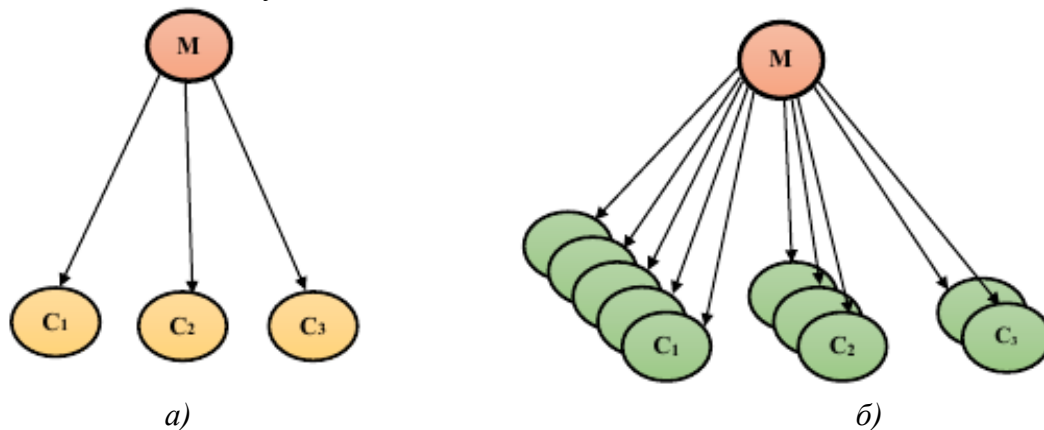


Рис. 2. Двохрівневий граф цілей функціонування та розвитку системи з головною метою M :
а) – логіка “І”; б) – логіка “І”/ “АБО”

Процес *цілепокладання* відноситься до сфери пошукового прогнозування, змістом якого є визначення можливих (імовірних) станів об’єкта прогнозування в майбутньому. Побудова дерева цілей вимагає розв’язання сукупності завдань, зокрема пов’язаних з формулюванням критеріїв, необхідних для оцінювання елементів на кожному рівні дерева цілей, визначення вагових коефіцієнтів кожного елемента дерева цілей, а також розв’язання різноманітних завдань прогнозування: “...прогнозу розвитку об’єкта в цілому; формулювання сценарію прогнозованої мети, рівнів і вершин дерева цілей; числових оцінок елементів всіх рівнів. Ці завдання розв’язуються методами експертних оцінок, морфологічного аналізу” [35, с. 102-103]. Побудова альтернативних *сценаріїв* прогнозованої мети відображає можливу послідовність подій (ситуацій), їх причинно-наслідкові (каузальні) відношення на певному часовому інтервалі (періоді упередження прогнозу). Перелік вимог до ієрархічної структури типу “дерево цілей” викладений автором у посібнику [16, с. 175].

Цілі системи можуть бути незмінні та змінні. Як зазначають Н.Б. Чорней і Р.К. Чорней, “Розрізняють два типи динаміки систем: її функціонування та розвиток. *Функціонування* – це процеси, що відбуваються в системі та її навколишньому середовищі, які стабільно реалізують фіксовану мету. *Розвитком* називається те, що відбувається з системою внаслідок зміни її цілей” [40, с. 12].

14. Багатоаспектність. Складні системи характеризуються різними групами властивостей (аспектами), які необхідно враховувати при їх опису, моделюванні та проектуванні.

Опис системи, що виконаний в якомусь аспекті, називається його *уявленням*. Основними уявленнями системи є функціональні, морфологічні та процесні (технологічні, розвивальні). Як показали О.М. Данчул і Л.Я. Полуян, вказані уявлення проявляються в таких двох формах [4]: 1) вербальна (словесна) форма (на природній мові моделювання, проектування) і 2) абстрактна форма (форма математичних моделей (структурних, функціональних), графів, семантичних мереж, фреймів, продукційних правил тощо).

З позицій вище викладеного здійснимо аналіз такої соціальної, ергатичної системи, як педагогічна.

Педагогічна система (ПС, S) – це інтегрована сукупність студентів, викладачів і допоміжного персоналу, джерел інформації, засобів і методів навчання, інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) і процесів навчання, яка має здатність забезпечити рівень здобутих особою знань, умінь, навичок та інших компетентностей відповідно до стандартів вищої освіти.

Педагогічна система S є сукупністю взаємозв'язаних складових, які функціонують спільно для головної мети – забезпечити таку освітню діяльність, яка відповідає критеріям і показникам якості вищої освіти.

Як показав автор у праці [11], ПС S відноситься до типу освітніх систем S_{Σ} ($S \in S_{\Sigma}$), які, в свою чергу, відносяться до класу синергетичних систем Ξ , тобто $S_{\Sigma} \in \Xi$. Роль складових ПС відіграють такі скінченні множини, як: студенти (X) і викладачі (Z); банк навчальної інформації (BI) (навчальна інформація розсіяна в різноманітних джерелах, а саме в підручниках, посібниках, збірниках вправ і задач, довідниках, журналах, довідникових матеріалах, інструкціях, наочності, змісті лекцій викладача тощо); засоби навчання (K) (різноманітні матеріали і знаряддя навчального процесу, до яких входять оснащення, прилади, комп'ютери тощо); форми навчання (Λ); **процеси навчання** (Π), які поєднують процеси викладання та процеси учіння (діяльність студента), а основою яких є **педагогічна комунікація** (методи, прийоми та технології навчання); **продукти навчання** (P) (знання, уміння, навички й інші компетентності, набуті студентами у процесі навчання); головна мета вищої освіти M (формування всебічно розвиненої та обдарованої особистості, яка буде застосовувати здобуті знання не лише в своїй подальшій професійній діяльності, а й постійно оновлювати та поповнювати їх відповідно до розвитку науково-технічного прогресу, НТП). Звідси **склад ПС** в символах теорії множин формалізується таким чином:

$$S = X \cup Z \cup BI \cup K \cup \Lambda \cup \Pi \cup P \cup M, \quad S \in S_{\Sigma} \quad (10)$$

Іншими словами, **педагогічна система** S складається з восьми підсистем, кожна з яких складається з відповідних скінченних множин елементів $E = \{e_i\}, i = \overline{1, n}$, де n буде мати різне значення натуральних чисел N для окремих компонентів $n \in N$. Таким чином, $S = \{X, Z, BI, K, \Lambda, \Pi, P, M\}$. Зазначимо, що число елементів в скінченній множині E називається **потужністю** і позначається $card E$.

Необхідна ступінь організованості ПС у заданому середовищі визначається **принципом необхідної різноманітності Р. Ешбі**, відповідно до якого **тільки різноманітність** $H(x)$ у керованій системі X може зменшити **різноманітність** $H(\lambda)$, створювану збуренням $\lambda(t)$ надсистеми [42]. Внаслідок цього, **різноманітність** $H(\mu)$ керуючої системи Z {викладач, навчальна програма персонального комп'ютера (ПК) або експертно-навчальна система (ЕНС)} повинна бути не менша, аніж **різноманітність** об'єкта керування X (студент, група студентів), а саме:

$$H(\mu) \geq H(\lambda) + H(x | \lambda) - H(x) \quad (11)$$

де $\mu(t)$ – функція керуючих діянь з боку викладача, або навчальної програми комп'ютера, або ЕНС; $H(x)$ і $H(x/\lambda)$ – відповідно ентропія й умовна ентропія об'єкта керування X (рис. 3).

Таким чином, **механізмом процесу навчання є процес керування** навчально-пізнавальною, навчально-практичною, навчально-виробничою, експериментальною та науково-дослідницькою діяльністю студентів (С.І. Архангельський, В.П. Беспалько, Т.О. Дмитренко, М.І. Лазарев, Є.І. Машбиць, Н.Ф. Тализіна та ін.), а процесам передачі та засвоєння студентами порцій навчальної інформації, відтворення ними інтелектуальних чи

психомоторних дій надається вторинна роль. Результатом цього процесу є перетворення “входів” (цілей навчання) на “виходи” (набуття суб’єктом учіння (студентом) знань, засвоєння способів дій). Є.І. Машбиць відзначає, що “керування навчальною діяльністю здійснюється не інакше, як шляхом спілкування, а його спосіб виступає як суттєвий компонент стилю педагогічного керування” [22, с. 87].



Рис. 3. Формальна модель замкненої системи керування учінням

Якщо не відомі закономірності та правила переходу конкретної *ПС* з одного стану до іншого, то говорять, що вона має певну **поведінку**. Після цього з’ясовують характер та розробляють механізми, формалізми, алгоритми та машинні програми такої поведінки.

Нехай збурення з боку зовнішнього середовища задається вектором $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q)$, тоді **поведінка ПС** описується математичною моделлю виду :

$$Y = F(X, I, \Lambda), \quad (12)$$

де **F** – оператор, тобто закон відповідності внутрішніх (*X*), керуючих (*I*) і збурювальних (*Λ*) параметрів параметрам виходу *Y* системи (див. рис. 3).

Очевидно, що поведінка системи суттєво залежить від керуючих діянь з боку керуючої системи. Як відзначає О.А. Борисенко, **процес керування об’єктом** (зміна його станів у бажаному напрямку) здійснюється за допомогою **прямого зв’язку**. При цьому, “...від об’єкта керування до керуючої системи передається інформація про значення параметрів об’єкта керування. Керуюча система порівнює їх з потрібними значеннями параметрів, що зберігаються у її пам’яті, і визначає величину їх розходження. Потім вибирається засіб усунення цього розходження, який потім реалізується керуючою системою” [2, с. 20]. Цей механізм керування намагається зменшити відхилення параметрів незалежно від того, яким збуренням воно викликано. Вказане у кібернетиці відповідає принципу керування за відхиленням (принцип Ползунова-Уатта, або принцип негативного зворотного зв’язку) [36].

Належить звернути увагу на два типи збурення: із зовнішнього середовища (надсистеми) надходять зовнішні збурення (завади), проте і сама система керування має внутрішні збурення, які поділяються власне на завади і на відмови елементів. Відповідно до цього, важливою проблемою, яка стоїть перед проектувальниками систем керування, є підвищення їх не тільки ефективності, а й надійності, завадостійкості, живучості та безпеки.

Окрім розглянутих вище системних інваріантів (властивостей, ознак) належить виділити ще такі, які мають загальне тлумачення: результативність, ефективність, адаптивність, надійність і живучість.

Відповідно до державного стандарту ДСТУ ISO 9000:2015, **результативність** (*effectiveness*) – “це ступінь реалізації запланованих робіт і досягнення запланованих результатів”, а **ефективність** (*efficiency*) – це “...співвідношення між досягнутим

результатом і використаними ресурсами” [5, с. 16], зокрема часовими, енергетичними, матеріальними, економічними тощо.

Ефективність навчання (E) – міра досягнення мети навчання, що визначається через витрати **освітніх ресурсів** X (інформаційних, інтелектуальних, електронних, психологічних, часових тощо). На оцінювання ефективності навчальної діяльності студентів впливає безліч чинників і факторів, а саме мотивація досягнення студентами ситуаційної мети заняття, їх активність, зацікавленість, захопленість, добровільність, ініціативність, старанність тощо, сформованість в них орієнтаційної основи навчальних дій, інформаційне забезпечення навчальної діяльності, функціональний стан студента, ефективність зворотного зв'язку між викладачем та студентом і т. ін. Вказане підтверджують дослідження І.С. Тодорової, В.Ф. Моргун, І.Г. Тітова.

Вважаємо, що досягнена мета навчання є плануємий результат, який формалізується випадковою величиною W , так, як “ціль (*objective*) – результат, який має бути досягнуто” [5, с.15]. Тоді ефективність навчання E – це співвідношення між використаними **освітніми ресурсами** $X = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$ і **досягнутим результатом** W :

$$W = \mathfrak{Z}(X), \quad (13)$$

де \mathfrak{Z} – стохастичний оператор, який відображає множину вхідних ресурсів X у множину всіх можливих розподілів вихідних результатів W .

Нами експериментально показано, що вказана залежність (13) не є функціональна (значення випадкової X (змінної x) визначає значення W не однозначно), що підтверджує той факт, що оператор \mathfrak{Z} не є детермінований. Таким чином, між випадковими величинами W і X (x) існує стохастична (статистична) залежність, уданому випадку – кореляційна. Це формально означає, що при зміні значень випадкової величини X приводить до зміни закону розподілу величини W . Іншими словами, при зміні x змінюється умовне математичне сподівання $\mu_{W/x}$ випадкової величини W , тобто має місце **кореляційна залежність** величини W від величини X , яка визначає середнє значення змінної W від X . Іншими словами, маємо рівняння регресії (*regression*) – форма зв'язку між вказаними випадковими величинами:

$$\mu_{W/x} = \varphi(x) \quad (14)$$

де $\varphi(X)$ – функція регресії, а її графік – крива регресії (при врахуванні багатьох чинників і факторів регресія є нелінійною, а при врахуванні тільки декількох – апроксимуються дані прямою лінією регресії).

За даними проведеного нами експерименту, кореляційна залежність W від X є **негативною** (опосередковане підтвердження цього є в економічних дослідженнях: зменшення ресурсоемності продукції (кількості використовуваних ресурсів) є головним джерелом підвищення економічної ефективності. З другого боку, кореляційна залежність результативності W від ефективності навчальної діяльності E в певних межах є **позитивною**. Якщо ζ – оператор, то:

$$W = \zeta(E). \quad (15)$$

Як відомо, **адаптивність** (від лат. *adapto* – пристосування) – “...пристосовуваність сутності до зовнішніх умов” [37, с. 246]. Ця властивість *ПС* відображає її здатність швидко і гнучко реагувати на зміни умов зовнішнього середовища або / і до своїх внутрішніх змін, що спричиняє підвищенню ефективності її функціонування. При цьому виробляються адекватні керівні команди, що дозволяють зводити до мінімуму дію об'єктивних факторів і суб'єктивних чинників, що збурюють *ПС*. Як результат, забезпечується стійкість навчальної

діяльності. Про навчання, як адаптивний процес, висвітлено в працях П.Л. Брусилівського, В.В. Гузеєва, М.Х. Еренштейна, В.В. Одегова, Л.А. Растрюгіна, Є.А. Ямбурга та ін.

Якщо **адаптація** за рахунок коригування структури системи є реакцією на зміни умов, які протидіють дійсному чи можливому зниженню ефективності функціонування системи [32], то **надійність** – це “...вірогідність того, що пристрій в заданих умовах і протягом заданого часу безвідмовно виконуватиме необхідні від нього або закладені в нього функції” [37, с. 441]. Вказане поняття притаманне і *ПС*. Поява нових *ІКТ* спричиняє до підвищення надійності функціонування і розвитку *ПС*.

Відомо, що активність складної технічної системи забезпечується її організованою структурою і поведінкою, що не призводить до відмови всієї системи, навіть при псуванні будь-якого її елемента. Складні системи будь-якої природи, які мають ієрархічну структуру та наділені властивостями адаптації та самоорганізації, повинні мати високу живучість.

Живучість – “...здатність системи зберігати властивості, необхідні для виконання потрібних функцій, при наявності діянь чи впливів, не передбачених умовами нормальної експлуатації” [26, с. 168]. Це визначення поширюється і на *ПС*, якщо замість терміну “експлуатація” застосувати термін “функціонування”. У ситуації не нормального (позаштатного) функціонування *ПС* потрібно задіяти адекватні, своєчасні та правильні керуючі дії в *ПС*. Це спричинить запобігання діям дестабілізуючих і (або) непрогнозованих факторів і чинників ризику, а також активно протистоїть шкідливим діям надсистеми і (або) метасистеми.

Очевидно, що ефективність, надійність і живучість *ПС* залежать від її складності та керованості. Згідно принципу Р. Ешбі [42], складність *ПС* повинна бути такою, щоб вона змогла самоорганізуватися. Для цього, насамперед, повинно існувати таке число n елементів системи, при досягненні якого вона може перейти в стан самоорганізації та стати синергетичною, тобто

$$(\forall S \in S_{\Sigma}) \exists n (\text{card } S \geq n) \Rightarrow S_{\Sigma} \in \Xi. \quad (16)$$

Разом з тим, потрібно зауважити, що кількість елементів є слабкою умовою **самоорганізації**. Вирішальну роль відіграють кількість взаємозв'язків між елементами, їх інтенсивність, гнучкість та мінливість (змінність). Як показав Дж. фон Нейман [27], **складність** означає не те, наскільки складний об'єкт, а наскільки вирішальну роль відіграють його цілеспрямовані дії. Дійсно, *об'єкт має високу складність, якщо він здатний вирішувати досить нетривіальні та масштабні завдання*. У нашому випадку, це відноситься до якості керуючої підсистеми, а саме до фахової компетентності та педагогічної майстерності викладача (доцента, професора), або (і) до адекватності та досконалості навчального програмного забезпечення ПК і (або) ЕНС.

Складність *ПС* обумовлена не тільки кількістю елементів (активних і пасивних), а й кількістю зв'язків і відношень між ними, їх природою. Розглянемо вказану властивість системи.

З точки зору теорії множин, властивість є одномісним (унарним) відношенням, а формальна логіка розглядає властивість як **одномісний предикат** (висловлювана функція) $P(x)$ типу “ x – студент”. Будь-яка властивість, яку може мати елемент x , який входить до множини X , а саме $x \in X$, задає в X підмножину $V \subseteq X$ всіх елементів, які мають цю властивість. Очевидно, що відношення між двома об'єктами (індивідами) формалізуються багатомісним предикатом, зокрема двомісним $R(x, y)$, де об'єкт x знаходиться у відношенні з об'єктом y . Вказаному предикату в теорії множин відповідає **бінарне відношення** R , яке встановлює відповідність елементів однієї множини X елементам

другої множини Y , тобто $x \in X \leftrightarrow y \in Y$. Якщо R – відношення, то **співвідношення** $x R y$ можна задати декартовим добутком:

$$R \subset X \times Y = \{(x, y) \mid x \in X, y \in Y\}, \quad (x, y) \in R. \quad (17)$$

Наприклад, маємо множину $X = \{x_1, x_2\}$ із двох об'єктів, які є джерелами навчальної інформації – викладача x_1 і навчальної програми ПК x_2 (рис. 4).

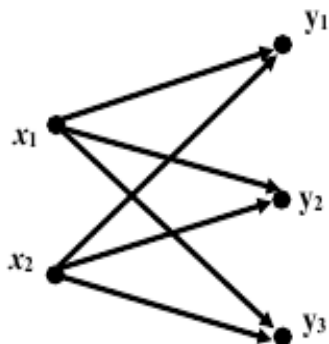


Рис. 4. Біграф відношення

Тоді для трьох студентів, які складають множину $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$, можна задати шість співвідношень:

$R \subset X \times Y = \{(x_1, y_1), (x_1, y_2), (x_1, y_3), (x_2, y_1), (x_2, y_2), (x_2, y_3)\}$, де перші три співвідношення є навчальні стосунки викладача і студентів, а інші три формалізують факт того, що студенти є користувачами ПК. Задаємо це відношення $(x, y) \in R$ графічно у вигляді орієнтованого біграфу відношення від X до Y , вершини якого відповідають елементам множин X і Y , а орієнтовані ребра (дуги) – можливим відношенням $x_i R y_j, i = \overline{1, 2}, j = \overline{1, 3}$.

Вся множина зв'язків і відношень C між множиною входів Θ і виходів Y виражається через прямий (декартовий) добуток вказаних множин:

$$C = \Theta \times Y, \quad \Theta = \sum_j \lambda_j \cup I(Z, X). \quad (18)$$

Як показав автор [12], наявність елементів і зв'язків (відношень) між ними в педагогічній системі S дозволяє її розглядати як *емпіричну систему з відношеннями* (ЕСВ). Вирішальну роль відіграють **активні елементи** (підсистеми) та зв'язки й відношення між ними: суб'єкти учіння, суб'єкти викладацької діяльності та активна підсистема керування з боку навчальної програми ПК або ЕНС [11].

Нехай $ПС$ складається з n активних та пасивних об'єктів $a_i, i = \overline{1, n}, i \in I$, а також з m відношень (зв'язків) $R_j, j = \overline{1, m}, j \in J$ між об'єктами. Тоді, як ми показали, систему S можна подати у вигляді кортежу [13]:

$$\langle \{a_i\}, i = \overline{1, n}, i \in I, \sim; \{R_j\}, j = \overline{1, m}, j \in J, \sim \rangle, \quad (19)$$

де знак \sim означає еквівалентність, а I і J – множини, до яких відповідно входять об'єкти $ПС$ та відношення (зв'язки) між ними.

Наявність структури є невід'ємною ознакою системи, яка пояснює функціонування системи ззовні.

Структура системи (*system structure*) – “...сукупність стійких зв'язків об'єкта, які забезпечують його цілісність і totoжність самому собі, тобто збереження основних властивостей при різних зовнішніх і внутрішніх змінах” [21, с. 32]. Зокрема, **структура ПС** – фіксована сукупність активних і пасивних елементів, стійких зв'язків (відношень) між ними, які забезпечують цілісність системи в процесі її функціонування [11].

Нехай E – множина елементів (*elements*) педагогічної системи S , O – множина параметрів (*options*) елементів, C – множина зв'язків (*communications*) між елементами, R – відношення (*relation*) інцидентності, яке ставить у відповідність кожному ребру пару вершин мультиграфа (графа без петель, але з кратними ребрами). Тоді структура (*Str*) системи у наших позначеннях розглядається як мультиграф з певними вершинами [20, с. 96]:

$$\text{Str} = \langle E, O, C, R \rangle. \quad (20)$$

Структуризація відношень може мати геометричну інтерпретацію у вигляді різноманітних структур. Очевидно, на множині елементів E системи S можна задати множину структур за допомогою функтора F (будь-якої неперервної операції), а саме:

$$F : E \mapsto F[E] \quad (21)$$

Як результат, можна говорити про тип структури: лінійна, деревоподібна, матрична, ієрархічна, мережева тощо. У теорії систем М. Месаровича запропоновані особливі класи ієрархічних структур типу страт, шарів, ешелонів. Т. Сааті розглядає різні види ієрархій: домінантні (схожі на перевернуте дерево з основою в вершині); холархії (домінантні ієрархії зі зворотним зв'язком); модулярні (“китайський ящик”) [21].

У педагогічних дослідженнях найчастіше зустрічаються два типи структур: ієрархічна та мережева.

Ієрархічна структура – багаторівнева форма співвідношень об'єктів з чіткою приналежністю об'єктів нижнього рівня ієрархії (рівня абстрагування) певному об'єкту верхнього рівня та графічно зображується у вигляді дерева. Прикладами може бути класична дворівнева форма керування процесом учіння викладачем та ієрархічна структура цілей підготовки бакалаврів (магістрів).

Ієрархічна структура цілей підготовки фахівців зображується у вигляді графа типу “дерева”, вершина якого (“корінь”) є нульовим рівнем ієрархії, якому відповідає **загальна (стратегічна) мета** підготовки фахівців у закладах вищої освіти. Вказана мета конкретизується в **національних стандартах вищої освіти** для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності відповідно до *Національних рамок кваліфікацій* і використовуються для визначення та оцінювання якості змісту та результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти. Стандарт вищої освіти визначає, зокрема, “2) перелік компетентностей випускника; 3) нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання” (ч. 3 ст. 10 Закону України “Про вищу освіту”) [6].

Відповідно до частини шостої статті 10, підпункту 16 частини першої статті 13 Закону України “Про вищу освіту”, з урахуванням Методичних рекомендацій щодо розроблення стандартів вищої освіти, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 01.06.2016 р. № 600 та рішення Колегії Міністерства освіти і науки України від 24.04. 2018 р., протокол № 4/3-4, нині затверджуються розроблені **стандарти вищої освіти** для першого (бакалаврського) і другого (магістерського) рівня вищої освіти.

Таким чином, перший рівень ієрархії цілей підготовки фахівців визначається **стандартизованими (“еталонними”) освітніми цілями** підготовки фахівців першого і другого освітньо-кваліфікаційного рівнів (бакалавра і магістра) визначених галузей знань за конкретними спеціальностями, які задані у нових стандартах вищої освіти. Вищезазвані педагогічні цілі покликані визначати загальну стратегію формування особистості фахівця в аспектах професійного становлення, розвитку, виховання та духовного зростання. Вони відносяться до класу **екзогенних** (зовнішнього походження) тому, що сформульовані у метасистемі – наукових установах Міністерства освіти і науки [15].

Вимоги нових стандартів вищої освіти мають бути враховані під час розроблення нових освітніх програм та навчальних планів. При цьому декомпозиція “еталонних” освітніх цілей дає можливість отримати **нормативні (“конструктивні”) цілі вивчення** конкретних навчальних дисциплін, які зафіксовані в робочих навчальних програмах дисциплін (2-й рівень ієрархії) [15]. Далі викладачами розробляються цілі нижчих рівнів ієрархії [17]:

- **інтегровані цілі** вивчення змістових (дидактичних) модулів за кредитно-модульною системою (3-й рівень ієрархії);
- **часткові цілі** вивчення модульних (навчальних) елементів, або тем (4-й рівень ієрархії);

- при підготовці до чергової теми, викладач враховує конкретні обставини та можливу навчальну ситуацію $S(t)$ на занятті. При цьому часткові цілі уточнюються та формуються **ситуаційні цілі заняття** (5-й рівень ієрархії), до яких відносяться взаємопов'язані навчальна (змістова) мета, розвиваюча мета і виховна мета.

Як ми дослідили, при переході до цілей нижчих рівнів ієрархії спостерігається їх змістова суб'єктивність (зростає число “ступенів свободи”), вони ускладнюються як в якісному, так і в кількісному відношеннях, відносно більше зазнають змін (швидше “старіють”), аніж цілі високих рівнів. Дійсно, **нормативні цілі** мають самий загальний характер і розраховані на весь період навчання, а на самому нижньому рівні ієрархії знаходяться конкретні, чіткі, однозначні й узгоджені цілі (у часі та з конкретним контингентом студентів) – плануючий результат певного **заняття** (лекції, семінарського чи практичного заняття, лабораторної роботи тощо) [17].

Цілі 2 ÷ 5 рівнів ієрархії входять в клас **ендогенних цілей** (внутрішнього походження по відношенні до ПС), які встановлюють не тільки, що повинні, але й чого реально можуть досягнути студенти в процесі реалізації робочої освітньої програми в умовах конкретного навчального закладу. Ієрархічна структура цілей підготовки фахівців передбачає ієрархічність керування, при якій нижчий рівень підпорядковується і контролюється вищим, а також наявність формальних правил та норм при виконанні учасниками навчального процесу своїх завдань та обов'язків.

У праці [11] автор показав, що *ПС відноситься до кібернетичних систем нереклексивного типу, тому, що в ній існують вільні функції, якими може розпорядитися в своїх інтересах суб'єкт учіння, який асоційований з системою*. Іншими словами, існують методики і технології навчання, за яких безпосереднє керування в навчанні (з боку викладача) можна звести або до мінімуму (**індивідуалізація навчання**) або до нуля (**самоосвіта**). При цьому студент має свою мету щодо глибини засвоєння змісту навчального матеріалу теми освітньої програми на певній ступені активності (репродукційна, інтерпретуюча або творча) та впливає на поведінку ПС в своїх власних інтересах.

Таким чином, традиційна ієрархічна структура керування в навчанні замінюється на структуру ендогенних цілей підготовки фахівців за індивідуальними та творчими програмами, яка в літературі отримала назву **мережева структура**, або **структура Гермейера**.

На відміну від ПС з ієрархічною організацією, в якій студенти нерівноправні в сенсі реалізації своїх мнемонічних і когнітивних можливостей та домінує викладання й інструктування з боку викладача, **ПС з мережевою структурою (структурою Гермейера)** – це форма організації колективних зусиль, яка заснована на добровільній взаємодії її учасників на основі об'єднання їх інтересів, ресурсів, компетентностей та творчих можливостей. Мережа об'єднує незалежні, самостійні суб'єкти діяльності зі своїми власними освітніми цілями, які одночасно реалізують спільну для всіх мету – здобути відповідний ступень вищої освіти (бакалавр, магістр).

Як показав Ю.Б. Гермейер, “... ми розглядаємо систему, в якій є N суб'єктів, цільовими функціями яких будуть $f_i(x_i), i=1,2,\dots,N$, де ресурс x_i знаходиться цілком у розпорядженні суб'єкта номера i . Але крім цих цільових функцій є ще деяка **загальна мета**, яка описується функцією $F(y_1, y_2, \dots, y_N)$. Її значення будуть залежати вже від діяльності всіх партнерів:

y_i – ресурс, який виділяє суб'єкт номера i для досягнення спільної мети, – його внесок в колективну мету” [25, с. 159] (курсив мій. – М.К.).

Як впливає із вище викладеного, в ПС за структурою Гермейера, деякий сумарний ресурс (*resource*) $r_i, i=1, N$, який знаходиться у розпорядженні i -го суб'єкта учіння, повинен бути якимось розділений: частина ресурсу (x_i) повинна бути спрямована на досягнення своїх

особистих освітніх, креативних і дослідницьких цілей, а друга частина ($y_i = r_i - x_i$) – загальні освітні цілі й інтереси навчальної групи студентів (до ресурсів суб'єктів відносяться мотиваційні, інформаційні, інтелектуальні, адаптаційні, емоційно-вольові, фізичні і т. ін.).

Отже, цілі кожного із суб'єктів учіння визначаються векторним критерієм, який формалізується цільовою функцією:

$$f_i(x_i) \rightarrow \max, \quad F(y_1, y_2, \dots, y_N) \rightarrow \max. \quad (22)$$

Система експлікацій показує коректність вище наведених уявлень. **Традиційне навчання** побудоване на ієрархічних системах та має “спрямованість у минуле, до бази соціального досвіду, де зберігаються об'єктивні знання” (А.А. Вербицький), тобто досвіду здійснення відомих способів діяльності, втілених в знаннях, уміннях і навичках. Навпроти, **в системах гермейеровського типу** немає відношень підпорядкованості: *кожен суб'єкт учіння має свою власну цільову функцію і повністю розпоряджається сумарним ресурсом, необхідним для реалізації цієї функції*. Завдяки цьому, відносини між усіма суб'єктами в ПС будуються на принципах рівності, автономії волі та самостійності їх учасників.

На погляд автора, нині світове співтовариство науковців близько наблизилося до нової парадигми освіти, контури якої окреслені системами навчання гермейеровського типу. Впровадження їх в практику діяльності закладів вищої освіти дозволить перейти від “**школи пам'яті**” до “**школи мислення**”, в якій створюються “ситуації породження мислення” (С.Л. Рубінштейн).

Перехід від епохи індустріалізації до епохи постіндустріального (інформаційного) суспільства знаменний не тільки вражаючими досягненнями НТП, але й усвідомленням необхідності докорінних змін в системі освіти, консервативність якої негативно впливає на подальший розвиток виробництва та сфери послуг.

Професор Мельбурнського університету (Австралія) Патрік Гріффін (P. Griffin) провів ґрунтовні дослідження, які показують вплив освіти на суспільство, яке переходить від індустріально-орієнтованої економіки на інформаційну. Ним отримані концептуальні положення, відповідно до яких **навички XXI століття** – ключові навички (читання, письмо й арифметичні дії), які визначали грамотність в індустріальну епоху. У XXI столітті акценти змістилися в бік творчого підходу до навчання (учіння), а саме **уміння критично мислити** (активізація дискурсивного і креативного мислення. – М.К.), **здатності до взаємодії та комунікації** [43].

Щоб опанувати навчальний матеріал студент повинен бути допитливим, самостійно здобувати інформацію та критично її оцінювати, володіючи **ризик-орієнтованим мисленням**, а не просто накопичувати і запам'ятовувати.

Взагалі, сучасний вік гостро поставив вимогу – **вчитися все своє життя**. Як влучно виразився Блез Паскаль “*Все наше достоїнство укладено в думки. Не простір і не час, яких ми не можемо заповнити, підносять нас, а саме вона, наша думка. Будемо ж вчитися добре мислити: ось основний принцип моралі*” (курсив мій. – М.К.).

На закінчення статті розглянемо ще поняття “функції системи”, яке уводиться для пояснення поведінки ПС ззовні.

Функція ПС – способи дій системи при досягненні дидактичної мети, які реалізуються шляхом перетворення входів системи в її виходи, що формалізується операцією відображення множин: $I(Z, X) \rightarrow Y$ (див. рис. 3).

Будь-яка функція системи пов'язана з цілеспрямованою зміною характеристик трьох основних сутностей – інформації, речовини й енергії.

Головне призначення функцій системи – сприяти збереженню структури і забезпечувати умови не тільки для відтворення системи як цілого, а й для її розвитку. Як встановила В.Л. Кузнецова, “...має існувати таке мінімальне число функцій елементів, що реалізуються різними типами елементів і визначаються потужністю множини, яке також створює необхідне різноманіття” [20, с. 64].

Формалізація наведеної вище тези полягає в тому, що спочатку треба задати множину можливих типів функцій $\phi_i, i = \overline{1, k}$ елементів педагогічної системи S , яка відноситься до множини педагогічних систем S_Σ , а саме $S \subset S_\Sigma$. Вказана множина функцій $\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k\}$, де k – мінімальне число типів функцій, які входять до трьох класів: освітня, виховна, розвиваюча, де, зокрема, освітня функція складається з таких видів: засвоєння навчальних знань, формування загально-навчальних і спеціальних умінь і навичок (відповідно до вивчаємої дисципліни). Далі реалізуємо необхідну різноманітність співвідношенням:

$$(\forall \Phi \in S) \exists k (card \Phi \geq k) \Rightarrow S \in S_\Sigma. \quad (23)$$

Будь-який об'єкт ПС є носій функцій – дій, здатностей, здібностей, розвитку тощо. **Функціонування ПС** – це процес, який являє собою послідовний перехід системи з одного стану в інший, структурні елементи якого – це окремі дії. Іншими словами, ланцюг послідовних дій в ПС за визначений проміжок часу описує **функціонування педагогічної системи**. Фактичне функціонування ПС відбувається у результаті дії на систему як внутрішніх, так і зовнішніх керуючих дій, яким можуть заважати збурення внутрішнього та зовнішнього середовищ.

Інші поняття системного підходу (організація, форми стійкості систем, самоорганізуючі системи, елементи синергетики) будуть викладені у 3-й частині статті.

Висновки. Першорядну групу інструментів будь-якого педагогічного дослідження надає системний підхід, зважаючи на системність і цілісність об'єктів дидактики. Системний підхід відноситься до другого рівня методології, знаходячись між філософською та конкретно-науковою методологією, та є головним компонентом четвертого рівня методології – методики і техніки дослідження. Виступаючи як конкретизація принципів діалектики та онтології, системний підхід надає досліднику фіксовану сукупність засобів (інструментів), які забезпечують динаміку результативного наукового дослідження. Аналіз інструментарію системного дослідження проводився автором у рамках методів **аналітико-проектної дидактики**.

Все вище викладене дає змогу зробити такі висновки:

- 1) системний підхід, що з'явився як реакція на бурхливий розвиток аналітичних підходів у науці, є центральним адекватним інструментарієм дослідження цілісних об'єктів різноманітної природи, що розглядаються як системи;
- 2) широкого розвитку набув системний підхід у педагогічних дослідженнях як основа системного аналізу, який за допомогою сукупності формалізованих, слабо формалізованих і неформалізованих методів і процедур дозволяє реалізувати методи проектування, математичного моделювання, програмно-цільового управління та прийняття рішень в складних педагогічних системах;
- 3) складність ПС пов'язана не тільки з кількістю активних і пасивних елементів, але й з характером зв'язків між ними та їх розвитком;
- 4) якість ПС визначається її здатністю вирішувати нетривіальні (творчі) та масштабні завдання;
- 5) злободенна важливість подальших досліджень проектування навчальних цілей у вигляді ієрархічних структур та відходу від переважно суб'єктивних умоглядних авторських підходів до їх побудови;
- 6) традиційна ієрархічна структура керування (управління) в навчальному процесі не відповідає вимогам сучасності, тому її слід замінити структурою Гермейера;
- 7) існує негативна кореляція між досягнутим результатом W та освітніми ресурсами X , а також позитивна – між ефективністю E та результативністю W навчальної діяльності;

Список використаної літератури

1. Горелова В.Л. Основы прогнозирования систем: уч. пособие / В.Л. Горелова, Е.Н. Мельникова. – М.: Высшая школа, 1986. – 287 с.
2. Данчул А.Н. Системотехнические задачи создания САПР / Разработка САПР. В 10 кн. Кн. 2./ А.Н. Данчул, Л.А. Полуян. – М.: Высш. шк., 1990. – 144 с.
3. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник [чинний від 01.03.2001р]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 26 с.
4. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир [пер. с англ. М.А. Зуева; под ред. А.И. Горлина]. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
5. Костюченко М.П. Аналіз методів навчання у контексті концепції динамічних дидактичних структур / М.П. Костюченко // Педагогіка і психологія професійної освіти : наук.-метод. журнал. – 2011.– № 1.– С. 9 – 19. (фахове видання).
6. Костюченко М.П. Аналіз процесів у педагогічній системі / М.П. Костюченко // Наукові праці ВНЗ “ДонНТУ”. Серія: Педагогіка, психологія і соціологія. – 2015. – № 2 (17). – С. 78 – 92.
7. Костюченко М.П. Аналітико-проектна дидактика: наукознавчі й онтологічні засади, дослідницькі технології / М.П. Костюченко // Наукові праці ВНЗ “ДонНТУ”. Серія: Педагогіка, психологія і соціологія. – 2017. – № 2 (21). – С. 74 – 90.
8. Костюченко М.П. Классификация и анализ технических систем (системно-кибернетический подход) / М.П. Костюченко. – Донецк, 1992. – 41 с. – Деп. в Укр. ИНТЭИ 12.08.92., № 1212-Ук.92 // Библ. указ. ВИНТИ № 11 (253), б/о 398, 1992.
9. Костюченко М.П. Об’єкт, предмет і завдання методики навчання безпеки життєдіяльності й охорони праці у технічному вузі / М.П. Костюченко // Проблеми сучасної педагогічної освіти: зб. статей; сер.: Педагогіка і психологія. – Ялта: РВВ КГУ, 2012. – Вип. 35. – Ч. 1. – С. 82 – 90.
10. Костюченко М.П. Основы управления качеством (теоретико-методологические аспекты): навч. посібник для студентів техніч. спеціальностей / М.П. Костюченко, Я.О. Ляшок, С.В. Подкопаев; за ред. М.П. Костюченка. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – 447 с.
11. Костюченко М.П. Проектирование иерархии целей профессиональной подготовки квалифицированных работников / М.П. Костюченко // Проблеми інженерно-педагогічної освіти: зб. наук. праць. – Харків: УПА, 2008. – Вип. 20. – С. 42 – 56.
12. Костюченко М.П. Системний підхід у науці та в педагогічних дослідженнях. Ч.1. Системні та онтолого-гносеологічні аспекти дослідження дидактичних об’єктів / М.П. Костюченко // Наукові праці ВНЗ “ДонНТУ”. Серія: Педагогіка, психологія і соціологія. – 2018. – № 1 (22). – С. 74 – 90
13. Кузнецова В.Л. Самоорганизация в технических системах: монография / В.Л. Кузнецова, М.А. Раков. – К.: Наукова думка, 1987. – 200 с.
14. Лямец В.И. Системный анализ. Вводный курс: учебное пособие / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. – Харьков: ХНУРЕ, 2004. – 448 с.
15. Машбиц Е.И. Психологические основы управления учебной деятельностью / Е. И. Машбиц. – К.: Вища шк., 1987. – 224 с.
16. Мелентьев Л.А. Системные исследования в энергетике / Л.А. Мелентьев. – М.:Наука, 1983. – 455 с.
17. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа /Н. Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
18. Нейман Дж.фон. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Дж. фон. Нейман. – М.: Мир, 1971. – 382 с.
19. Николаев В.И. Системотехника: методы и приложения / В.И. Николаев, В.М. Брук. – Л.: Машиностроение, 1985. – 199с.
20. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: [учеб. пособие] / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
21. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация:

учеб. пособие для вузов / А.С. Рыков. – М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2005. – 352 с.

22. Саркисян С.А. Научно-техническое прогнозирование и программно- целевое планирование в машиностроении / С.А. Саркисян, П.Л. Акопов, Г.В. Мельникова. – М.: Машиностроение, 1987. – 304 с.

23. Тлумачний словник з інформатики / Г.Г. Півняк, Б.С. Бусигін, М.М. Дівізінюк та ін. – Дніпропетровськ: Нац. гірнич. ун-т, 2010. – 600 с.

24. Флейшман Б.С. Основы системологии / Б. С. Флейшман. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.

25. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике /К. Шеннон [под ред. Р.Л. Добрушина и О.Б.Лупанова]. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. – 829 с.

26. Эшби У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби .– М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – 432 с.

27. Griffin, P. Eds., Assessment and Teaching of 21st Century Skills / P. Griffin, B. McGaw, E. Care ; [eds. P. Griffin, B. McGaw]. – V. 2. –Dordrecht: Springer, 2009. – 310 p.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2018

М.П. Костюченко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Системный подход в науке и в педагогических исследованиях. Ч.2. Онтология систем

Проанализирован категориальный аппарат системного подхода. Содержание понятий рассматривается в рамках онтологии. Проведен анализ методов системного исследования сложных объектов техники и дидактики. Освещены основные принципы и понятия системного подхода. Анализируются сложные рефлексивные и нерефлексивные системы, системные инварианты. Полученный вербальный и математический инструментарий исследования приобретает собственное развитие при применении для анализа педагогических систем.

Ключевые слова: *онтология, системный подход, объект, система, модель, принципы, свойства, связи, отношения, педагогическая система, управление.*

M.P. Kostyuchenko

Donetsk National Technical University

System approach in science and in pedagogical research. Part 2. Ontology of systems

The purpose of the article is to analyze the tools of systemic research in science and in pedagogical research.

The conceptual apparatus of the system approach in the framework of ontology is analyzed.

The analysis of methods of research of complex dynamic objects of technology of production and didactics has been carried out.

The main principles and concepts of a systematic approach are highlighted.

The content of the concepts is considered in the contour of ontology. A detailed analysis of the logical categories that underlie the system approach is carried out.

The structure of the types of relations between the elements, the character of the behavior of the system as a whole was analyzed.

The main role was given to the main invariant properties of the system. It was assumed that the system is complicated.

The refinement of judgments about systems is achieved by the wide use of the formal language of mathematics.

Stages of research and results:

1. A detailed analysis of the logical categories that are the basis of the system approach.

2. The difference between the subsystem and the component is shown.

3. It is recommended that the transition from the verbal model to the formal, and then – to the conceptual model.

4. It is emphasized that the main feature of a system object is integrity. Integrity manifests itself in the unity of elements, lack of additivity, emergence.

5. . The difference between the concepts of "expediency" and "purposefulness" is shown, which corresponds to the reflexivity and nonreflexivity of the system.
6. . It is confirmed that an adequate characteristic of the complexity of the system is informational entropy.
7. It is indicated that the pedagogical system should satisfy Ashby's law of requisite variety.
8. The formal model of the closed control system in the pedagogical system is proposed.
9. It is shown that there is a negative correlation between the achieved result W and the educational resources X .
10. The role of adaptability, reliability and survivability of the pedagogical system is shown.
11. It is shown that the complexity of the pedagogical system is determined by its ability to solve uncommon (creative) and large-scale tasks.
12. The importance of further research into the design of educational goals in the form of hierarchical structures and departure from subjective author's approaches to their construction is shown.
13. It is shown that there is a negative correlation between the achieved result W and the educational resources X ; there is a positive correlation between efficiency E and the result of educational activity W .
14. The traditional hierarchical structure of management in the learning process should be replaced by the Germeier network structure.
15. The author showed that pedagogical systems belong to cybernetic systems of nonreflexive type; in these systems there are free functions that can be used by the student to their advantage.

Key words: ontology, systemic an approach, object, system, model, principle, properties, links, relations, pedagogical system, management.

УДК 316.35-055.3

doi: 10.31474/2077-6780-2018-2-58-62

А.Т. КУШНІР⁷

студентка 3 курсу спеціальності «Психологія»

Ю.В. КУШНІР

канд. пед. наук, доцент

В.А. ОВЕРЧУК

канд. психол. наук, доцент

Донецький національний університет імені Василя Стуса

ОСОБЛИВОСТІ СТАВЛЕННЯ ДО ЛГБТ: ВІД ТЕОРІЇ ДО ПРАКТИКИ

У статті розглядається теоретичний та практичний досвід вивчення особливостей ставлення до ЛГБТ у школярів українськими та зарубіжними вченими. В роботі представлені емпіричні дані щодо прояву толерантного та інтолерантного ставлення до ЛГБТ у учнів старшого шкільного віку в залежності від рівня їх агресивності. Наведені приклади останніх соціологічних досліджень ставлення до ЛГБТ в Україні.

Ключові слова: толерантність, інтолерантність, ЛГБТ, агресивність.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. У сучасному інформаційному просторі через засоби масової інформації досить часто піднімається тема сексуальних меншин. Громадські організації, що