

## ФРАКТАЛЬНИЙ ПРИНЦИП ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУРНОГО КОНСТРУКТУ ЗНАНЬ

У статті розглянуто використання фрактального принципу та пропорції природних систем під час формування структури змісту навчальних дисциплін при підготовці майбутніх фахівців вищої школи. Виокремлено філософські категорії як складові структури змісту навчальних дисциплін, які дають змогу сформувати оптимальну структуру змісту всієї навчальної дисципліни або окремої теми чи інформації, якщо їх співвідношення відповідає математичним закономірностям природних систем, таким як модуль  $\Phi$  або вурф.

**Ключові слова:** вурф, модуль  $\Phi$ , структура змісту, філософські категорії, фрактал, фрактальна педагогіка.

**Постановка проблеми та її актуальність.** Сучасною наукою доведено, що більшість природних феноменів виявляють фрактальні властивості. Якщо теорія фрактала використовується в різних галузях знання, то логічно її застосування і у педагогіці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Філософсько-методологічну основу нової галузі соціально-гуманітарного знання – фрактальної педагогіки – розглянуто в роботах А. Г. Маджугита і інш. Автори *якоб'ект* фрактальної педагогіки розглядають загальні та специфічні закономірності освіти, виховання й розвитку як структури, що мають нелінійний характер, тобто як відкриті, самоорганізуючі системи. *Предметом* фрактальної педагогіки є розгляд основних категорій педагогіки: навчання, освіта, самоосвіта, виховання, розвиток, саморозвиток через призму системно-синергетичного і фрактально-резонансного підходів.

Виходячи з того, що зміст навчальних дисциплін – цесоціально і педагогічно обґрунтоване відображення певних складових відповідної науки, то одним із видів діяльності викладача є добір і формування змісту навчальної інформації, який створює можливості для досягнення сучасних завдань освіти.

**Метою статті** є формування структурного конструкту знань студентів на основі фрактального принципу побудови змісту навчальної інформації та математичного підтвердження його оптимальності.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Аналіз сучасної підготовки фахівців у вищій школі потребує уваги до тих нелінійних умов, у яких вона здійснюється. Щоб адаптуватися до мінливих потреб і запитів суспільства, ця підготовка має бути відкритою, варіативною, впорядкованою системою. Відкритість системи – необхідна умова її самоорганізації. До відкритих належать і природні, і соціальні системи. Дані синергетики дають підстави сучасним дослідникам говорити про необхідність нового нетрадиційного світорозуміння, підкреслюють потребу орієнтуватися на природні тенденції розвитку й вміння перебувати в резонансі з ними. Синергетика розкриває цілісність системи «природа + людина», є містком у синтезі гуманітарного і природничо-наукового знання.

Сучасний процес навчання розглядається як система, елементами якої є сукупність компонентів, що перебувають у відносинах і зв'язках один із одним, утворюють певну цілісність та єдність. Перш за все, процес навчання – це взаємопов'язана діяльність викладача і студента. Навчальному процесу і практиці його організації як системі властива багатокомпонентна структура, що пов'язує мету, *складність* змісту навчальної інформації, форми, методи, діяльність викладача і студента та ін. Усі ці поняття перебувають у постійному взаємозв'язку, є рухливими і гнучкими. Зв'язки між компонентами, на перший погляд, простими, доки не розглянути психологічну природу цих зв'язків. Реальне уявлення про ефективність навчального процесу складатиметься, коли педагогічні категорії розглядаються разом з психологічними, наприклад, такими, як: потреба, мотивація, стимулювання, інтерес, творчість тощо. Тому сучасна модель навчального процесу розглядається не як адаптивна (яка вміщує елементи впливу), а як синергетична, у якій ці впливи приводять до можливості *вибору лінії поведінки*, зокрема темпу, профілю, засобу навчання. Їх *упорядкування* потребує партнерської взаємодії викладача і студента, особистісно-зорієнтованого навчання.

Оскільки навчання розглядається як «сукупність елементів, що перебувають у відносинах і зв'язках один із одним, яка утворює певну цілісність, єдність», то елементами навчання є всі види

діяльності у процесі їх взаємодії. Звідси навчальний матеріал добирається за педагогічними принципами наукової обґрунтованості, доступності, урахування рівня попередньої підготовки студентів, системності, єдності навчання і виховання. Педагогічна наука наголошує, що разом із урахуванням принципу доступності, зміст навчальної дисципліни треба складати так, щоб він активізував пізнавальну діяльність студента, тобто навчальна інформація має бути достатньо складною, щоб навчальний матеріал сприяв розвитку мислення, пам'яті, емоцій студентів, формував позитивні мотиви навчальної діяльності.

Зміст предметної інформації також має охоплювати поряд із класичними істинами поняттями й фрагменти сучасних досягнень науки, припускати цілеспрямовану реалізацію міждисциплінарних і внутрішньодисциплінарних зв'язків як основного механізму інтеграції знань, способу створення проблемних ситуацій, інтересу тощо. Фактично принцип міждисциплінарних зв'язків є одним із основних принципів добору змісту навчальної інформації.

У педагогіці міждисциплінарні зв'язки виступають як еквівалент міжнаукових зв'язків, а їхньою методологічною основою є процеси інтеграції і диференціації наукового знання. Психологічною основою міждисциплінарних зв'язків є утворення системних асоціацій, які дозволяють відображати численні об'єкти і явища реального світу у їхній єдності, багатогранності і суперечності. Слід зазначити, що добираючи зміст, використовують міждисциплінарні зв'язки різних типів:

- *навчально-дисциплінарні*, коли засвоєння предметної інформації однієї дисципліни ґрунтується на знаннях іншої, попередньої дисципліни;
- *дослідницько-дисциплінарні*, виникають між дисциплінами, які мають загальні проблеми або спільний об'єкт дослідження;
- *ментально-опосередковані*, коли методами різних навчальних дисциплін формуються інтелектуальні вміння, потрібні для майбутньої професійної діяльності.

Отже, реалізація міждисциплінарних зв'язків передбачає узгоджене вивчення теорій, законів, понять, формування загальних прийомів мислення.

Загалом *процес добору змісту* реалізується поетапно. Перший етап полягає у визначенні *джерел*, до яких належать соціальний досвід (предметні наукові знання, додаткові знання, способи діяльності); знання про процес навчання та про закономірності процесу засвоєння інформації. Другий етап розглядає *принципи* і *чинники*, під якими розуміють причину будь-якого процесу чи явища. Останній етап – це визначення *критеріїв*, які реалізують процедуру *конструювання* та *добір* навчального матеріалу. У педагогіці, окрім *принципів добору змісту* навчального матеріалу, існують *принципи побудови структури* змісту навчальної дисципліни. Ці принципи передбачають конструювання *системи предметних знань*. Звідси принцип системності є дуже важливим у процесі навчання. Він передбачає таку побудову змісту навчальної інформації, за якої основні поняття, категорії предмета тісно взаємопов'язані й утворюють *цілісну педагогічну систему*.

У складних сучасних умовах, які швидко змінюються, ця система повинна бути динамічною, гнучкою, гармонійною, впорядкованою.

З позиції системного підходу в педагогічній системі простежуються *дві* підсистеми: по-перше, це – *навчально-виховний процес* як сукупність методів, засобів, прийомів формування певного комплексу знань, умінь та навичок, а, по-друге, це взаємопов'язані *елементизмісту* предметної інформації. При побудові гнучкого, динамічного змісту навчальної дисципліни слід урахувати:

- *принцип варіативності* – це можливість введення в навчальний матеріал нової актуальної інформації, актуальних відомостей, пов'язаних, наприклад, з новими науковими дослідженнями;
- *принцип фундаменталізації* – це виокремлення у змісті провідних теорій, законів, закономірностей, категорій, що інтегрують навколо себе великий обсяг фактологічних знань та сприяють поглибленню загальнотеоретичної, загальноосвітньої складової змісту. Фактично це – *принцип відповідності* змісту сучасним закономірностям та потребам розвитку науки, суспільства і особистості;
- *принцип професійної спрямованості* – це забезпечення єдності, послідовності та наступності в підготовці фахівців (тобто поєднання загальноосвітньої та фахової складових відповідно до кваліфікаційних рамок), а також гармонійне поєднання теоретичної і практичної складових змісту навчальної дисципліни, що спрямоване на зв'язок з майбутньою спеціальністю.

Після визначення принципів конструювання змісту навчальної дисципліни в педагогіці визначаються *критерії* його побудови. *Критерій* – це ознака, на основі якої здійснюється оцінювання висунутих положень. Основна *функція критеріїв* – це реалізація процедури

конструювання, добору навчального матеріалу, його послідовності.

Вважаємо, що добираючи і конструюючи зміст навчальної дисципліни, треба враховувати, що в сучасних змінних умовах педагогічна система – це відкрита система (а не замкнена), тобто це – система, яка працює за законами синергетики. Ось чому принцип системності, на який спирається побудова змісту будь-якої навчальної дисципліни, в сучасних умовах фактично стає системно-синергетичними.

Виходячи з того, що до відкритих систем належать і природні, і соціальні системи, можна використати *метод аналогій*, який існує між поведінкою зовсім різних систем, для визначення критерію оптимальності побудови інформації.

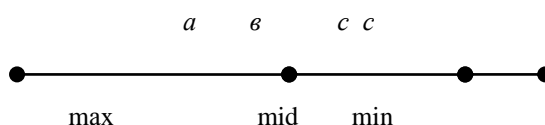
Використання *методу аналогій* у педагогічній системі можливе, наприклад, для математичного опису та підтвердження оптимальності структури змісту навчальних дисциплін на різних освітніх рівнях. Відомо, що системність та впорядкованість природних систем можна описати за допомогою математичних констант, серед яких провідне місце посідає *модуль Фібоначчі* ( $\Phi$ ), який дорівнює **0,618/1,618**, та *вурф* ( $W$ ) – **1,309**. Ці числа математично описують принципи природного розвитку: біологічні об'єкти, кристали, рослини, людину. Їх ще називають *золотими числами*.

До речі, сучасні медичні досягнення довели, що альфа-ритм людського мозку дорівнює 1,61803. Німецький дослідник А.Цейзинг повідомив, що пропорція золотого перетину є «універсальною для всіх явищ природи і мистецтва», і дійшов висновку про те, що *модуль Фібоначчі* відображає середній статистичний закон.

У природі існує ще одна математична закономірність. Це вурф ( $W$ ), що дорівнює:

$$\frac{\Phi^2}{2} \approx \frac{1,618^2}{2} = 1,309.$$

Вурф демонструє гармонійний поділ відрізка на три нерівні частини:



що розраховується за формулою:

$$W = \frac{(a+b)(b+c)}{b(a+b+c)} = 1,309.$$

Ці співвідношення є оптимальними й наявні у відкритих природних системах, починаючи від атомів і закінчуючи кристалами, а також широко застосовуються під час створення штучних гармонійних систем. Доведено, що це – основа побудови гармонійних форм, тобто абсолютний закон формотворення у Природі. Відповідність математичного опису компонентів штучної системи природній системі підтверджує її оптимальність, гармонійність, варіативність за зміни умов. Якщо гармонія природних відкритих систем математично описується цими числами, то аналогічно й у відкритій педагогічній системі можна досягти оптимальності, гармонії, впорядкованості, дотримуючись цього співвідношення.

Для практичної реалізації добору навчальної інформації спочатку треба ознайомитися з навчальним планом, який містить набір навчальних дисциплін для кожного фаху. Це – основний документ, який відображає зміст освіти. Кожна навчальна дисципліна в навчальному плані обчислюється в годинах (кількість лекцій, практичних і лабораторних занять, консультацій тощо) і може бути віднесена до різних кваліфікаційних рамок. При підготовці фахівців технічного напрямку розрізняють загальнонаукові (фундаментальні) дисципліни, технічні та спеціальні дисципліни.

Як зазначалося вище, фундаментальність освіти – це шлях підготовки фахівця, який відповідає сучасним вимогам науково-технічного прогресу, але вивчення загальнонаукових дисциплін повинно йти поруч із професійними (спеціальними) дисциплінами. Фундаментальні знання орієнтують студента у своїй галузі і дають змогу не тільки аналізувати, а й передбачати їхній подальший розвиток. Наведені визначення дають можливість застосовувати до конструювання структури навчальної інформації фрактальний аналіз. *Об'єднання фундаментальності, послідовності характеру пізнання і професійної спрямованості* може бути покладено у вигляді

фракталів в основу формування структури змісту навчальної дисципліни. «Фракталом називається структура, яка складається із частин, що подібні цілому». Фрактальний аналіз є міждисциплінарним напрямом, який застосовується традиційно в дослідженнях динаміки складних нелінійних систем. Фрактал (від лат. розколотий, роздрібнений) – такий, що складається із фрагментів. Це поняття було введено французьким вченим Бенуа Мандельбротом (1975). Використовуючи метод аналогій, він ототожнював математичні й природні форми як фрактальні, що дало змогу диверсифікувати це поняття на різні сфери знання.

Для формування варіативного, гармонійного змісту навчальної дисципліни треба відокремити структурні елементи змісту. Для цього як фрактали можна використати філософські категорії: *загальне, особливе, часткове*.

*Загальне* – це результати фундаментальних досліджень, узагальнення наукових фактів, що дають змогу сприйняти цілісну наукову картину навколишнього середовища, фундаментальні поняття, символи, фізичні величини тощо. Максимально ця категорія представлена у загально-наукових та гуманітарних дисциплінах, тобто базових курсах.

*Особливе* – це специфіка кожної форми руху, закони збереження, основоположні принципи, теорії, тобто емпіричні знання предмета. Ця категорія більше реалізується, наприклад, в освітньо-технічних або технічних дисциплінах.

*Часткове* – це система знань для пояснення окремих явищ, об'єктів, відновлення конкретного в нових поняттях. Це система теоретичних і емпіричних знань у галузі професійної діяльності. Все це характерне для спеціальних курсів.

Для практичного розрахунку кількості годин (або хвилин) необхідно виділити структурні елементи змісту, проаналізувати, які саме структурні елементи представлені в конкретній дисципліні (чи в окремому занятті). При цьому можливі такі варіанти: по-перше, у дисципліні наявні тільки *два структурних елементи*, наприклад, тільки *загальне і особливе* чи тільки *особливе і часткове*; по-друге, конкретна дисципліна (або окрема тема) вміщує всі *три структурних елементи*.

Наприклад (перший варіант), для розрахунку гармонійної структури змісту окремого заняття, якщо в ньому відокремлюється тільки два елементи, необхідно, щоб співвідношення між ними було **62 і 38 %**. Виходячи з того, що загальна кількість хвилин на проведення окремого заняття становить 90 хв. (100 %), то відповідно **62 % становитиме 56 хв.**, а **38 % – 34 хв.** Такий розподіл хвилин між структурними елементами окремого заняття не є випадковим, він відповідає математичним закономірностям природних систем, а саме:

$$34:56 = 0,6 \text{ або } 56:34=1,6 \text{ (відповідає модулю } \Phi \text{)}.$$

Якщо в структурі змісту наявні всі три елементи, то відповідно у проведенні заняття (90 хв.) для кожної складової потрібно: **51 хв.**, **25 хв.**, **14 хв.** Саме такий розподіл хвилин є оптимальним і математично описується числом *вурф* ( $W$ ):

$$W = \frac{(51+25)(25+14)}{25 \cdot 90} = 1,31.$$

Залежно від теми курсу, освітнього рівня, фаху майбутніх випускників структуру змісту можна, застосовуючи фрактальний принцип, варіювати (посилюючи або зменшуючи будь-який структурний елемент змісту, але не порушуючи співвідношення між ними). Тобто основою структурно-системної організації, функціонування та управління процесом навчання є фрактал, адже структура окремого заняття буде подібна структурі змісту всієї навчальної дисципліни. Отже застосування фрактального принципу дає змогу зберігати гнучку оптимальну структуру змісту (або інформації) в будь-яких навчальних дисциплінах для формування оптимального конструкту знань студентів різних кваліфікаційних рамок.

**Висновки.** Формування змісту інформації для окремої навчальної дисципліни за фрактальним принципом можна застосовувати і для побудови структури змісту окремого заняття, яке відповідає критеріям «ефективності» та «оптимальності». Разом з тим, необхідно зазначити, що поняття «ефективності» та «оптимальності» істотно відрізняються одне від одного. Відмінність полягає в тому, що не завжди оптимальна структура буде ефективною в тих або інших конкретних умовах. Проте кількісний гнучкий взаємозв'язок елементів структури змісту навчальних

дисциплін, який математично підтверджує за інших рівних умов його оптимальність, є критерієм якості і неодмінною ознакою ефективного функціонування процесу навчання в даних умовах та необхідною метою створення цілісності освітньої системи.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маджуга А. Г. Фрактальная педагогика: онтологические смыслы и методологические возможности: монография / А. Г. Маджуга, И. А. Синицина. – Стерлитамак :Изд-во СФБашГУ, 2015. – 365 с.
2. Мандельброт Б. Б. Фракталы и хаос: множество Мандельброта и другие чудеса / Б. Б. Мандельброт. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. –392 с.
3. Степанишин И. Фрактальная структура общества и бифрактальная структура его развития [Электронный ресурс] / И. Степанишин, Ю. Алексеев. – Режим доступа: [http://www.optima-project.ru/doc/se\\_1.pdf](http://www.optima-project.ru/doc/se_1.pdf).
4. Василенко С. Золотое сечение в классических фракталах [Электронный ресурс] / С. Василенко. – Режим доступа: <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/013a/2144-vs.pdf>.
5. Книщенко Т. Аналіз структурних макроекономічних показників на основі принципів гармонійності [Електронний ресурс] / Т. Книщенко // Соціально-економічні проблеми і держава. – 2012. – Вип. 1 (6). – С. 66–73. – Режим доступу до журн. :<http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2012/12ktmoph.pdf>.
6. Булгакова Н. Б. Пропедевтическая подготовка в техническом вузе: монография /Булгакова Н.Б. – К. : КМУГА, 1999. – 177 с.

**Н. Б. Булгакова**

### ФРАКТАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЗНАНИЙ

*Резюме.* В статье рассмотрено использование фрактального принципа и пропорций природных систем для формирования структуры содержания учебных дисциплин при подготовке будущих специалистов высшей школы. Выделены философские категории как составляющие структуры содержания учебных дисциплин, которые дают возможность сформировать оптимальную структуру содержания всей учебной дисциплины, отдельной темы или информации, если их соотношения соответствуют математическим закономерностям природных систем таким как модуль  $\Phi$  или вурф.

*Ключевые слова:* вурф, модуль  $\Phi$ , структура содержания, философские категории, фрактал, фрактальная педагогика.

**N.Bulgakova**

### FRactal Principle for Design Optimization of Structural Knowledge

*Summary.* This article explains how to use the fractal principle of natural systems and proportions to form the structure of the content of academic disciplines in the preparation of the future experts of high school. Obtained philosophical categories as components of the structure of the content of academic disciplines that provide the opportunity to form an optimal structure of the whole content of the discipline, or by a separate information, if their ratios correspond to mathematical laws of natural systems such as the  $F$  module or wurf.

*Keywords:* wurf,  $F$  module, structure of the content, philosophical categories, fractal, fractal pedagogy. The article