

Раздел 3. ПЕДАГОГИКА ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

УДК 377.8:80

Герніченко І. І.

РЕКУРСИВНИЙ ПРИНЦИП СТРУКТУРУВАННЯ ЗМІСТУ ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

***Анотація.** У статті визначено суперечність між збільшенням обсягу інформації з предметних галузей технічних дисциплін і обмеженими можливостями його засвоєння за допомогою існуючих моделей подання змісту та пропонується її вирішення шляхом структурування змісту навчальних дисциплін засобами моделювання логічної структури навчального матеріалу. Виконано аналіз основних підходів до побудови структури навчального матеріалу та обґрунтовано рекурсивний принцип структурування предметної галузі технічних дисциплін. На основі системного підходу та аналізу технічних систем запропоновано рекурсивно-фрактальну модель змісту технічних дисциплін, у якій кожне поняття подається у вигляді субструктури, що складається з ознак призначення, будови, принципу дії та характеристик.*

***Ключові слова:** структурування, логічна структура, структурно-логічна модель, рекурсія, рекурсивно-фрактальна модель.*

Герниченко И. И.

РЕКУРСИВНЫЙ ПРИНЦИП СТРУКТУРИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

***Аннотация.** В статье определено противоречие между увеличением объема информации из предметных областей технических дисциплин и ограниченными возможностями его усвоения с помощью существующих моделей представления содержания. Предлагается решение данного противоречия путем структурирования содержания учебных дисциплин средствами моделирования логической структуры учебного материала. Выполнен анализ основных подходов к построению структуры учебного материала и обоснован рекурсивный принцип структурирования предметной области технических дисциплин. На основе системного подхода и анализа технических систем предложена рекурсивно-фрактальная модель содержания технических дисциплин, в которой каждое понятие представляется в виде субструктуры, состоящей из признаков назначения, строения, принципа действия и характеристик.*

***Ключевые слова:** структурирование, логическая структура, структурно-логическая модель, рекурсия, рекурсивно-фрактальная модель.*

Gernichenko I. I.

RECURSIVE PRINCIPLE OF STRUCTURING THE CONTENT OF TECHNICAL DISCIPLINES

***Summary.** In the article the contradiction between the increasing amount of information on subject areas of engineering disciplines and disabilities assimilate with the existing models of presenting the content. It is proposed to resolve this contradiction through structuring the content of subjects by means of modeling the logical structure of the educational material. The analysis of the main approaches to building the structure of the educational material and reasonably recursive structuring principle of objective technical disciplines is held. Basing on a systematic approach and analysis of technical systems, the recursive-fractal content model of technical disciplines in which each concept serves as a substructure consisting of signs purpose, structure, principle of operation and characteristics is proposed. According to this model, all objects are subject technical disciplines, have the same structure but different content. The main difference between the recursive model compared to the framing model, the semantic network model of the structural and logical presentation of educational material is that engineering disciplines are double structured. Thus, this model allows showing the overall structure and subject area courses, and the internal structure of each object of the subject area.*

***Key words:** structuring, logical structure, structural and logical model, recursion, recursive, fractal model.*

Постановка проблеми. Нові вимоги до підготовки фахівців, адаптованих до роботи у динамічному світі розвитку науки, техніки, технологій, зв'язків і відносин, здатних знаходити рішення у будь-яких ситуаціях, зумовлених професійною діяльністю, вимагають постійного оновлення змісту освіти, включення до навчальних планів та програм найновіших досягнень відповідних галузей науки. Це призводить до постійного зростання обсягу навчального матеріалу. Проте можливості студентів у засвоєнні і переробці складної інформації є обмеженими і дуже часто неоднорідними в умовах гетерогенної за здібностями студентської групи. Тому виникає суперечність між збільшенням обсягу інформації з предметних галузей технічних дисциплін та обмеженими можливостями його засвоєння за допомогою існуючих моделей подання змісту. Вирішити цю суперечність можна структуруванням змісту навчальних дисциплін засобами моделювання логічної структури навчального матеріалу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В галузі інформаційних технологій сьогодні досить активно ведуться пошуки, пов'язані із проблемами придбання, представлення й практичного використання знань. Ця галузь отримала назву «інженерія знань». Створюються різноманітні типи моделей подання знань у стислому, компактному, зручному для використання вигляді (логічні моделі, семантичні мережі, продукційні моделі й ін.).

Поряд із цим ефективні способи стиснення навчальної інформації містяться у відомих психолого-педагогічних теоріях змістовного узагальнення (В. В. Давидов, Д. Б. Эльконін) і укрупнення дидактичних одиниць (П. М. Ерднієв), формування системності знань (Л. Я. Зоріна, А. В. Усова). У цьому випадку використовуються наступні прийоми: моделювання в предметній, графічній і знаковій формі, структурна блок-схема теми, опорні конспекти і т. д. Слід враховувати й той факт, що при стисненні програмного матеріалу міцність засвоєння досягається при подачі навчальної інформації одночасно на чотирьох кодах: графічному, числовому, символічному й словесному.

У проблемі, яка пов'язана із систематизацією й структуруванням навчальної інформації, С. Бутаков виділяє кілька аспектів, які проявляються в наступному: складність створення логічно несуперечливої системи інформації як за окремими навчальними предметами, так і за змістом всієї шкільної освіти в цілому; відносна недовговічність існування створеної системи інформації, яка пов'язана з появою нових наукових знань, їх розвитком, що, безсумнівно, повинно привести

до реорганізації побудованої системи, однак на основі заданих нею норм; подолання певної соціальної інертності освіти, пов'язаної із протидією з боку викладачів, яке може бути викликано необхідністю переходу до нових форм систематичного викладу навчального матеріалу [1].

Питання структурування змісту окремих навчальних дисциплін досліджували такі вчені, як А. Н. Бекренев, А. Д. Гладун, В. І. Кузнецов, В. Н. Михалькевич, Г. А. Шефер та ін.

Логічне структурування навчальних дисциплін дозволяє одержати чітку, добре організовану структуру, виділення якої дозволяє побачити багатство внутрішніх зв'язків і їх гармонійність і обґрунтованість.

Сутність процесу структурування – виявити систему смислових зв'язків між елементами змісту (знання) великої дидактичної одиниці (навчальної дисципліни, розділу, теми) і розташувати навчальний матеріал в тій послідовності, яка витікає з цієї системи зв'язків.

Традиційним вже стало проводити побудову структурно-смислової моделі навчального матеріалу на основі графоаналітичного методу структурування.

Алгоритм побудови даної моделі складається з наступних етапів [2]:

- 1) виділення основних смислових одиниць (понять) навчального матеріалу дисципліни;
- 2) побудови графі взаємозв'язків між поняттями;
- 3) побудови матриці взаємозв'язків, використовуючи граф взаємозв'язків;
- 4) побудови структурно-смислової моделі дисципліни.

Проте основним недоліком графоаналітичного методу структурування є велика кількість варіантів послідовності викладання навчального матеріалу, що не дає змоги суттєво знизити величину його ентропії (невизначеності) і, як наслідок, – зменшення кількості інформації буде незначним. Для зменшення величини ентропії ми пропонуємо використати принцип рекурсії для розробки засобів представлення змісту навчального матеріалу.

Метою статті є обґрунтування рекурсивного принципу структурування навчального матеріалу технічних дисциплін.

Виклад основного матеріалу. Рекурсія – метод визначення класу об'єктів чи методів попереднім заданням одного чи декількох (звичайно простих) його базових випадків чи методів, а потім заданням на їхній основі правила побудови класу, який визначається. Іншими словами, рекурсія – часткове визначення об'єкта через себе, визначення об'єкта з використанням раніше визначених [3].

Під рекурсією також розуміють організацію складної системи, при якій

- 1) виділяється деякий набір базових підсистем;
- 2) вона здатна в процесі свого функціонування створювати безмежну кількість копій базових систем, здійснювати взаємодію між ними і при необхідності знищувати їх;
- 3) функціонування складної системи відображається в функціонуванні активних копій базових підсистем;
- 4) при виклику копій допустима їх зміна, яка визначається ситуаційною обстановкою в момент виклику.

Тобто, рекурсивна система за рахунок створення власних копій отримує можливість безмежного росту і ускладнення, але ця складність має організований вигляд, що визначається локальними правилами функціонування.

Безпосереднім наслідком рекурсії є фрактальність (самоподібність) в структурі об'єкта. Насправді, унаслідок рекурсії в об'єкті є частини, структурно подібні самому об'єкту. Самоподібність об'єкта породжує складну ієрархічну структуру, а саме: розвертання рекурсії починається з деякого так званого центруючого об'єкта, який визначається через об'єкти першого порядку. У свою чергу, об'єкти першого порядку визначаються через об'єкти другого порядку і т. д. Таким чином, всякий об'єкт, незалежно від того, чи є він центруючим, чи ні, може містити одні і ті ж структурні елементи.

Отже, завдяки розгортанню рекурсії виникає фрактальна структура об'єкта, що складається з частин, структурно подібних об'єкту. При цьому

- тут мається на увазі саме структурна самоподібність об'єкта, тоді як змістовна сторона об'єктів різних рівнів, природно, виявляється різною;
- структура об'єкта фрактальна в нестрогому значенні: достатньо сказати, що суб'єкти різних рівнів можуть містити різне число об'єктів;
- фрактальна структура об'єкта обривається на так званих крайових оболонках, тобто на таких об'єктах, які не містять ніяких інших об'єктів.

Використаємо системний підхід для розробки рекурсивної моделі змісту навчального матеріалу технічних дисциплін на прикладі дисципліни «Будова автомобіля».

Основні ідеї системного підходу були представлені в працях відомих учених К. Боулінга [4], Ю. Урманцева [5] та ін.

Суть системного підходу при дослідженні процесів розвитку в техніці й проектуванні технічних об'єктів полягає в розгляді будь-якого технічного об'єкта як системи взаємопов'язаних

елементів, що створюють одне ціле, і врахування взаємних зв'язків між окремими елементами і самою системою [5].

Система – множина взаємозв'язаних об'єктів, організованих певним чином в єдине ціле і протиставлена середовищу [6].

Поділ системи на елементи дозволяє розглядати об'єкт як мінімум на трьох рівнях (підсистема, система, надсистема), що є основною характеристикою системного підходу. Поділ дозволяє спростити вивчення і перетворення навіть дуже складних систем, не упускаючи при цьому нічого важливого, але не зводить складне до простого, ціле до частини, наявність властивостей і якостей цілісного об'єкта до властивостей і якостей частин, які можуть бути відсутніми [5].

Наприклад, для автомобіля як технічної системи (рис. 1) автотранспорт є надсистемою I-го порядку, транспорт – надсистема II-го порядку, а техніка – надсистема III-го порядку. Підсистемами I-го порядку для автомобіля будуть двигун, ходова і несуча частини, трансмісія, електрообладнання тощо. Підсистемами II-го порядку, наприклад, для двигуна автомобіля є газорозподільчий механізм, кривошипно-шатунний механізм, а для кривошипно-шатунного механізму підсистемою III-го порядку будуть колінчатий вал, циліндр, поршень, шатун тощо.

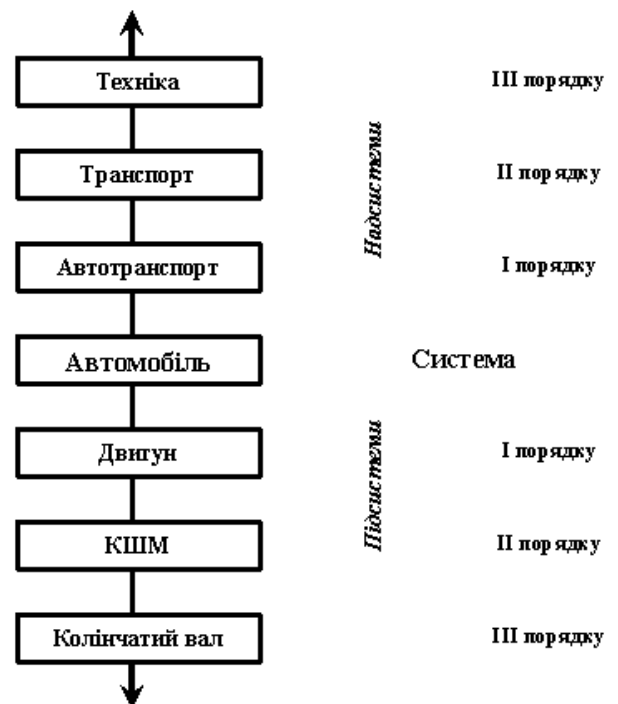


Рис. 1. Ієрархічні рівні у предметній галузі дисципліни «Будова автомобіля».

Технічна система має чотири головні (фундаментальні) ознаки [5]:

- 1) системи створені для певних цілей, тобто виконують корисні функції (ознака функціональності);

- 2) системи складаються з частин, тобто мають структуру (*ознака цілісності*);
- 3) елементи (частини) системи пов'язані один з одним, з'єднані відповідним чином і організовані в просторі й часі (*ознака організації*);
- 4) кожна система в цілому має певну особливу властивість, що не дорівнює простій сумі властивостей її складових елементів, інакше втрачається смисл створення системи (*системна якість*).

Відсутність хоч би однієї ознаки не дозволяє вважати об'єкт технічною системою.

Розглянемо ці ознаки детальніше.

Функція – це здатність технічної системи виявляти свою властивість (якість, користь) для задоволення потреби і цілеспрямованості при відповідних умовах, перетворювати предмет праці (виріб) у потрібну форму або величину [5]. Для визначення функції слід відповісти на запитання, що робить ця технічна система?

Кожна технічна система може виконувати декілька функцій, з яких тільки одна робоча, заради котрої вона й існує, інші – допоміжні, супутні, що полегшують виконання головної [6].

Структура (цілісність) – це незмінна в процесі функціонування сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом здійснення корисної дії, що вимагається.

Формування структури є основою синтезу системи. При цьому зберігається примат функції над структурою за наступною схемою (рис. 2):

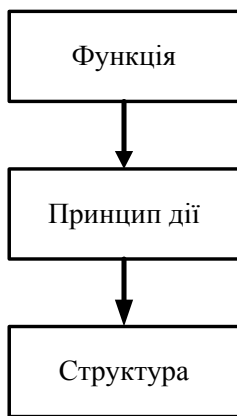
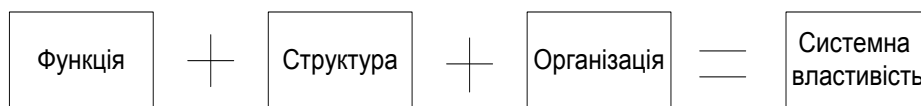


Рис. 2. Співвідношення між функцією, принципом дії та структурою.

Вибір принципу дії однозначно визначає структуру, тому їх необхідно розглядати разом.

Головна вимога до структури – мінімальні втрати енергії і однозначність дії (виключення помилок), тобто наявність хорошої енергетичної провідності, а також надійність причинно-наслідкового ланцюжка.



Елементи повинні бути узгоджені за формою, властивостями, доповнювати один одного, взаємно посилюватися, створювати корисні властивості та взаємно нейтралізувати шкідливі. Це основний механізм виникнення системного ефекту (*якості*).

Форма є зовнішнім проявом структури технічної системи, а структура – внутрішнім змістом форми. Ці два поняття тісно взаємозв'язані. В технічній системі може мати перевагу одне із них і диктувати умови втілення іншому.

Сучасні технічні системи є багаторівневими системами, котрі підпорядковуються ієрархічному принципу організації структури. Кожний рівень виступає як керівний стосовно всіх нижчих і як керований (підпорядкований) стосовно вищих, при цьому він спеціалізується на виконанні певної функції.

Основними властивостями ієрархічних систем є

- 1) подвійна якість елементів у системі – елементи одночасно наділені індивідуальними та системними якостями;
- 2) диктат верхніх рівнів над нижніми – основний порядок ієрархії;
- 3) нечутливість верхніх рівнів до змін на нижніх рівнях і, навпаки, чутливість нижніх рівнів до змін на верхніх;
- 4) відфільтрування (видалення) корисних функцій на рівнях ієрархії, котрі створюються (взаємопосилюються) на наступному рівні, а шкідливі функції пригнічуються на кожному рівні.

Організація виникає тоді, коли між елементами утворюються об'єктивно закономірні, узгоджені, стійкі у часі зв'язки (відносини); при цьому одні властивості (якості) елемента висувуються на перший план (працюють, реалізуються, посилюються), а інші обмежуються, гасяться, маскуються. В процесі роботи корисні властивості трансформуються у функції – дію, поведінку [5].

Головна умова виникнення організації – зв'язки між елементами або їх властивостями повинні перевищувати за потужністю (силою) зв'язки із несистемними елементами. **Організація виникає одночасно із структурою** і є, власне кажучи, алгоритмом спільного функціонування елементів системи у просторі й в часі.

Головний орієнтир в процесі синтезу системи – одержання майбутньої *системної властивості* (ефекту, якості), який визначається «формулою» системи:

Системні властивості – це сукупні (інтегральні) властивості, які не дорівнюють властивостям елементів, що входять в систему, виникають тільки при створенні системи.

Наявність у технічних систем зазначених ознак дало змогу нам при конструюванні рекурсивної моделі представлення змісту предметної галузі технічних дисциплін використати саме структурну самоподібність об'єктів, виділивши в них наступні підсистеми:

- 1) R – призначення та використання;
- 2) S – структура, склад, будова та конструкція;
- 3) D – принципи і механізми дії та функціонування;
- 4) H – властивості, параметри та характеристики.

Так, наприклад, автомобіль як технічна система має ознаки:

- *функціональності* (підсистема R) – призначений для перевезення вантажу і пасажирів;
- *цілісності* або *структури* (підсистема S) – складається з двигуна, трансмісії, ходової частини, механізмів керування і електрообладнання;
- *організації* (підсистема D) – усі підсистеми автомобіля пов'язані одна з одною, з'єднані відповідним чином і взаємодіють між собою, тобто виконують певну роботу;
- *системної якості* (підсистема H) – автомобіль має певні властивості, параметри та характеристики, які не дорівнюють простій сумі властивостей його складових елементів (вид автотранспортного засобу; основний техніч-

ний параметр (маса, потужність або габаритні розміри); тип кузова; призначення; колісна формула; тип двигуна тощо).

В свою чергу, в кожній складовій частині автомобіля (двигун, трансмісія, ходова частина тощо) можна виділити підсистеми R, S, D, H. Складові частини двигуна автомобіля (кривошипно-шатунний механізм, газорозподільний механізм тощо) також можна описати за допомогою ознак призначення, будови, принципу дії в параметрах і т. д. Тобто в результаті декомпозиції об'єктів предметної галузі дисципліни «Будова автомобіля» (а декомпозиція є одним з механізмів розгортання рекурсії) спостерігається фрактальність (самоподібність) у структурі цих об'єктів. Тому ми пропонуємо для їх представлення використовувати фрактальну субструктуру, яка зображена на рис. 3.

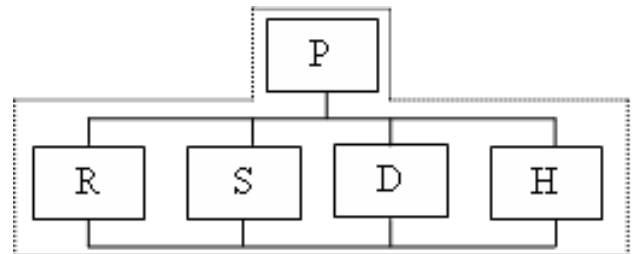


Рис. 3. Фрактальна субструктура представлення об'єктів предметної галузі дисципліни «Будова автомобіля».

Тоді узагальнена рекурсивна (рекурсивно-фрактальна) модель навчального матеріалу буде мати наступний вигляд (рис. 4):

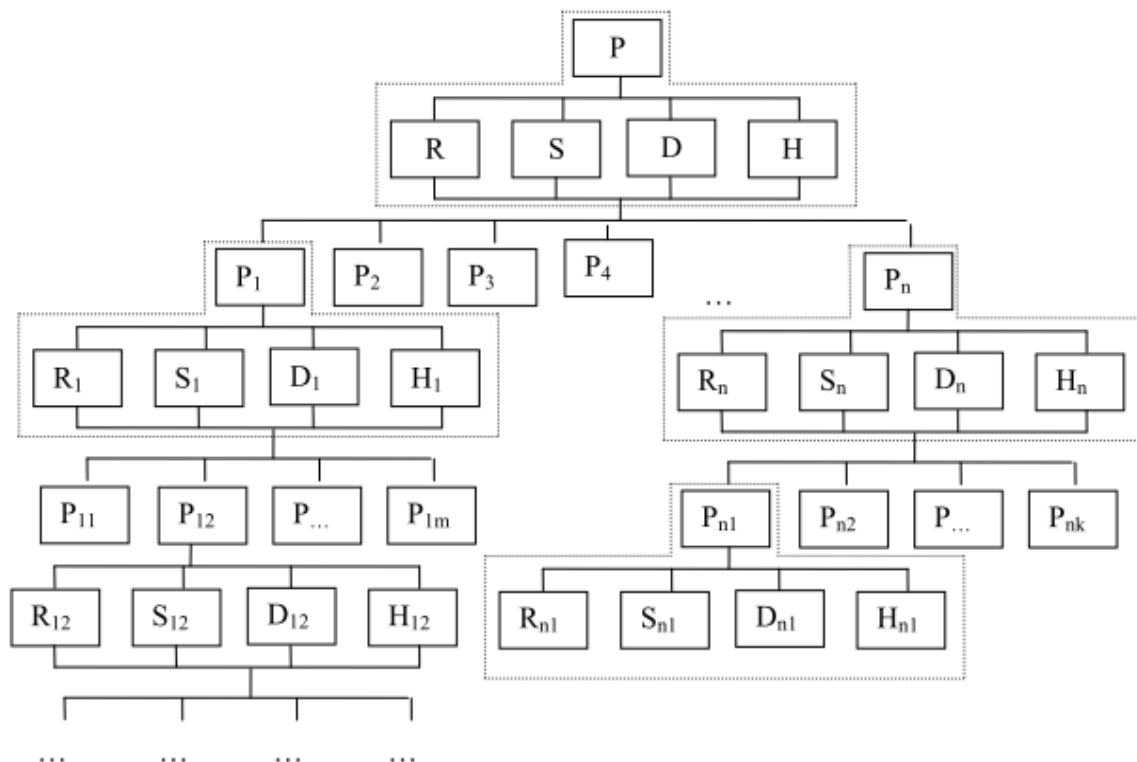


Рис. 4. Узагальнена структура рекурсивно-фрактальної моделі.

Згідно даної моделі, усі об'єкти предметної галузі технічних дисциплін мають однакову структуру, однак різне інформаційне наповнення.

Основною відмінністю і, на нашу думку, перевагою рекурсивної моделі у порівнянні з фреймовою моделлю, семантичною мережею, структурно-логічною моделлю представлення навчального матеріалу дисципліни «Будова автомобіля» є подвійна структурованість. Так, дана модель дає змогу показати і загальну структуру предметної галузі дисципліни, і внутрішню структуру кожного об'єкта цієї предметної галузі.

Логічні відношення між об'єктами сусідніх рівнів ієрархії в рекурсивно-фрактальній моделі представлення змісту навчального матеріалу, як правило, є теоретико-множинними відношеннями типу «множина – підмножина», «множина – елемент», «ціле – частина».

Крім того, в моделі також враховано існування логічних відношень між виділеними в об'єкті підсистемами R, S, D, H (рис. 5). Частіше за все ці відношення являють собою каузальні відношення типу «причина – наслідок», «ціль – засіб», «структура – властивості», «склад – параметри» тощо.

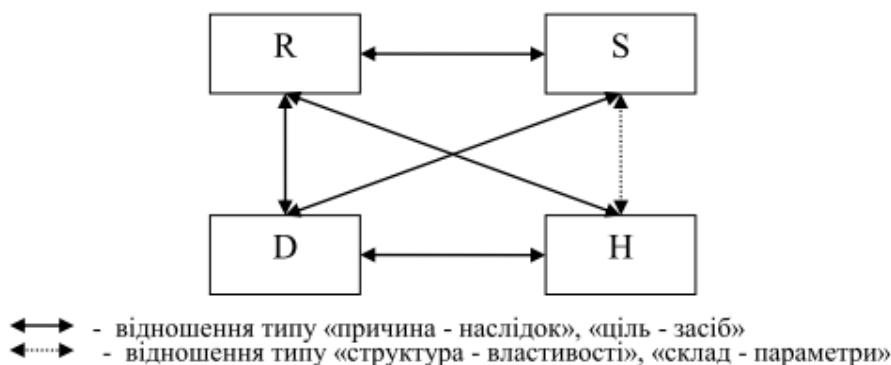


Рис. 5. Логічні відношення між підсистемами R, S, D, H.

Приведені параметри дозволяють характеризувати рекурсивно-фрактальну модель як модель з розширеними базисами ознак і логічних відношень між ними.

Висновки. Структура розробленої рекурсивно-фрактальної моделі представлення предметної галузі дисципліни «Будова автомобіля» дозволяє використовувати її в технології навчання не лише для репрезентації понять, а й для їх формування.

Предметом подальшого дослідження буде розробка та інформаційне наповнення рекурсивно-фрактальних моделей для інших технічних дисциплін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бутаков С. А. Структурирование учебного материала в соответствии с принципом восхождения от абстрактного к конкретному : дис ... канд. пед.

наук : спец. 13.00.01 / С. А. Бутаков. - Магнитогорск, 2001. - 164 с.

2. Структурирование учебного материала инженерных дисциплин / [С. Ф. Артюх, В. М. Приходько, С. А. Капленко и др.]. - М. : МАДИ(ГТУ) ; Харьков : УИПА, 2002. - 30 с.
3. Анисимов А. В. Информатика. Творчество. Рекурсия / А. В. Анисимов. - К. : Наукова думка, 1988. - 224 с.
4. Боулинг К. Общая теория систем – скелет науки / К. Боулинг // Исследования по общей теории систем. - М. : Прогресс, 1969. - С. 106–124.
5. Урманцев Ю. А. Общая теория систем: состояние, приложения и перспективы развития / Ю. А. Урманцев // Система, Симметрия, Гармония / под ред. В. С. Тюхтина, Ю. А. Урманцева. - М. : Мысль, 1988. - С. 38–124.
6. Волкова В. И. Основы теории систем и системного анализа / В. И. Волкова, А. А. Денисов. - СПб. : ГТУ, 1999. - 510 с.