

УДК 378.147

М.П.Костюченко (канд. пед. наук, доц.)

Донецький національний технічний університет

НАУКОВЕ ТА ДИДАКТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Здійснена спроба теоретично обґрунтувати зв'язок наукового та дидактичного моделювання об'єктів охорони праці. Проаналізовані види моделей. Розкрита сутність і етапи моделювання об'єкта предметної галузі.

Ключові слова: *Моделювання, модель, предметна галузь, емпірична система з відношеннями, ізоморфізм, гомоморфізм, адекватність.*

Постановка проблеми. Відповідно до Наказу Міністерства освіти і науки України [15], у зв'язку з реформуванням вищої освіти вимоги до викладання нормативних навчальних дисциплін “Основи охорони праці”, “Охорона праці в галузі” істотно підвищуються. Це вимагає впровадження в Україні Болонська кредитно-модульна система організації навчального процесу, одним із принципів якої є досить жорсткі вимоги до якості підготовки фахівців. Викладачі вказаних дисциплін повинні формувати у студентів не тільки певний рівень професійної компетентності та професійної культури, але й елементи проектної культури, до якої входять такі складові, як когнітивна, операційно-змістовна, комунікативна, ціннісно-рефлексивна [19].

Суперечність між об'єктивною потребою у формуванні елементів проектної культури у майбутніх фахівців та перманентною науковою діяльністю викладачів вищого технічного навчального закладу обумовлює **проблему дослідження** – теоретичне обґрунтування методів наукового проектування в аспекті практичної розробки та впровадження в навчальний процес методики дидактичного проектування на матеріалі охорони праці. Основним компонентом вказаної методики є дидактичне моделювання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Теоретичні основи моделювання та проектування об'єктів охорони праці викладені в працях С.М. Александрова, С.Ф.Алексєєнко, Ю.Ф.Булгакова, В.В.Зацарного, Д.В.Зеркалова, В.Г.Здановського, О.І.Єфремова, М.В.Ігнатовича, Є.І.Конопелько, В.В.Майстрєнко, М.В.Малєєва, В.М.Москалець, С.В. Подкопаєва, В.Г. Потапова, Р.В.Сабарно, К.Н.Ткачука та ін. Теоретичні основи дидактичного проектування викладено в працях З.А.Абасова, В.П.Беспалька, В.Ю.Бикова, Н.О.Брюханової, М.І.Лазарева, В.М.Монахова, О.М.Новікова, Г.К.Селєвко та ін. Формування та розвиток проектної культури висвітлено в працях А.Т.Ашерова, С.В.Вельми, М.С.Головань, М.І.Жалдака, П.Г.Лузана та ін.

Завданням даного дослідження є теоретичне обґрунтування зв'язку наукового та дидактичного моделювання на матеріалі охорони праці.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до міжнародного стандарту ISO 9000-2001, який в Україні прийнятий як державний, *проекткування* – це сукупність процесів, які перетворюють вимоги (сформульовані потреби або очікування) в установлені характеристики (відмітні властивості) або в технічні умови на продукцію, процес чи систему [5]. Процес інженерного проектування технічних об'єктів і систем програмного забезпечення структурований на такі основні *стадії*: вивчення специфікації, формулювання технічного завдання, синтез принципу дії, структурний синтез, параметричний синтез [11].

Наукове моделювання – іманентний етап будь-якого типу проектування. Створення (побудова) моделі здійснюється на етапі синтезу початкового варіанту структури системи, яка проектується. Цілі моделювання (в рамках проектування) полягають у формуванні початкового варіанту структури проектованої системи (предмета, процесу, технології і т. д.), дослідженні можливості подальшої працездатності системи, пізнанні сутності спроектованої системи, вивченні можливості управління нею, а також у прогнозуванні її поведінки. При цьому застосовують різноманітні типи моделювання. Зокрема, при моделюванні геомеханічних процесів [12], застосовують переважно три типи моделювання: фізичне, математичне і функціональне.

Модель (від лат. *modulus* – міра, зразок) – це деякий об'єкт (реальний, знаковий, абстрактний або уявний), відмінний від об'єкта-оригіналу, поданий в найбільш загальному вигляді (вербальний опис, схема, креслення, графік, формула, математичне рівняння, логічний вираз тощо), відтворюючи властивості, ознаки, параметри та характеристики оригіналу в межах розв'язуваних теоретичних задач чи практичних завдань. Іншими словами, “модель – це спеціально створена для цілей дослідження матеріальна або нематеріальна (абстрактна, ідеальна) система, яка, маючи відповідний ступінь схожості з досліджуваною системою та будучи її спрощеним уявленням у просторі та часі, призначена для вивчення поведінки досліджуваної системи та отримання нових знань про неї та її властивості” [18, с.118 -119]. При цьому, як показав В.І. Арнольд [1], детермінованим уявленням притаманні “жорсткі моделі”, а невизначеним – “м'які” або “еластичні” моделі. У протилежному випадку процес «ручного» управління чи програмного керування за заздальгідь розробленими планами та цілями, тобто на основі “жорстких” моделей, може призвести до катастрофи.

Об'єкт-оригінал раціонально розглядати як об'єкт *предметної галузі* (ПГ). Роль ПГ можуть відігравати взаємопов'язані реальні об'єкти (предмети, явища, процеси, виробничі ситуації і т. д.) поля виробничої (наукової, навчальної, ігрової тощо) діяльності.

В залежності від цілей, засобів і способів побудови моделі класифікуються на пізнавальні та прагматичні, статичні та динамічні, матеріальні (технічні) та абстрактні [13]. Матеріальні моделі поділяються на фізичні й аналогові, а абстрактні моделі – на знакові (семантичні) й інтуїтивні. У свою чергу, знакові моделі діляться на графічні, логічні та математичні (аналітичні, алгоритмічні, імітаційні). Найбільш високий ступінь абстракції мають *формальні моделі*. До

формальних моделей відносяться такі: морфологічна (зокрема, модель системи типу “чорний ящик”), функціональна, інформаційна. Зазначимо, що термін “формальна модель” відрізняється від терміну “*формалізація*”, який являє собою процес перетворення вербального судження про об’єкт предметної галузі в логічне висловлювання у вигляді формальної системи або (і) математичної структури. Формальні моделі використовуються як “шаблони”, за допомогою яких дослідник приступає до побудови *змістовних моделей* систем, тобто моделей, які наповнені змістовною сутністю із заданої предметної галузі.

Дидактичне моделювання покликано наблизити навчальний процес до реальних умов майбутньої фахової діяльності студентів. Зокрема, метою дидактичного моделювання змісту навчання є одержання такої моделі об’єкта ПГ, яка задовольняє сукупність умов і вимог. Конкретні *умови* пов’язані з реальним функціонуванням педагогічної системи, а *вимоги* – з рядом обмежень її розвитку та заданих параметрів і характеристик, які задає власне сам розробник моделі. Процес переходу від наукової до навчальної моделі має принципове значення для *робастного моделювання* (robust of model) об’єктів ПГ і, зокрема, процесів переходу від наукових до навчальних знань. Під робастністю (грубістю, наближеністю) ми розуміємо невідчутність навчальної моделі до малих відхилень від точності, яка притаманна науковій моделі, що відображає певний об’єкт ПГ.

Як зазначає В.М. Глушков [4], інформаційний підхід до вивчення явищ і процесів припускає абстрагування від багатьох властивостей реальних носіїв інформації, що надає широкий простір для моделювання. Відповідно до цього, якщо розглядати „динаміку процесу моделювання”, то необхідно крім „образності” (результату відображення об’єкта або „сліду”) враховувати „об’єктність” моделі, її здатність служити предметом дослідження.

Дійсно, в реальному (нелінійному, активному) середовищі передача інформації (комунікація) залежить від його властивостей та станів. Тому поняття *ізоморфізм*, яке означає взаємно однозначну відповідність і еквівалентність моделі й об’єкта повинно поступитися місцем узагальнюючому поняттю *гомоморфізм*, що означає однонаправлену відповідність, приблизне або модифіковане відображення в моделях оригіналу. Як результат, структура об’єкта ПГ і структура моделі не є ідентичні (тотожні).

Навчальне знання, як теоретична модель пізнаного об’єкта, *правильно* відображає дану сутність явища (процесу, ситуації) в певних межах, але не адекватне йому (явищу) повністю. Взяти, наприклад, навчальне знання про опис сутності процесів, які відбуваються в автоматичних вимикачах та відповідне науково-технічне знання, викладене в науковій статті чи в монографії. Останнє пов’язане з гомоморфним відображенням множини елементів моделі M (науково-технічне знання ω про об’єкт ПГ) на множину елементів моделі M' (навчальне знання ω' про об’єкт ПГ). Це відображення ($M \rightarrow M'$) має „... величезне практичне значення так, як воно дозволяє зображувати одну модель іншою моделлю” [6, с. 333]. Вказане формалізується гомоморфним відображенням φ (рис. 1), а саме:

$$\varphi : \omega \rightarrow \bar{\omega} \Leftrightarrow \varphi : \mathbf{M} \rightarrow \mathbf{M}' . \quad (1)$$

Розглянемо певний об'єкт a_i предметної галузі, тобто об'єкт-оригінал, ізоморфний *образ* x_i якого \mathbf{O} є система-оригінал \mathbf{S} – сукупність елементів, які знаходяться у відношеннях (зв'язках) між собою й утворюють певну цілісність, єдність. Кожний з елементів e_i , $i = \overline{1, k}$ системи-оригіналу \mathbf{S} є відносно неподільна частина цілого, яка виконує роль елементарного носія якості системи.

Як відзначають Б.Я. Советов і С.А. Яковлев, “оскільки неможливо повністю змодельовати реально функціонуючу систему (систему-оригінал, або першу систему), створюється модель (система-модель \mathbf{M} , або друга система) під поставлену проблему” [17, с. 21]. З точки зору системного підходу побудована наукова модель \mathbf{M} також є система, тобто $\mathbf{S}' = \mathbf{S}'(\mathbf{M})$, і може розглядатися по відношенню до зовнішнього середовища \mathbf{E} . Очевидно, що ізоморфізм відображення Υ об'єкта a_i предметної галузі з отриманням образу \mathbf{O} змінюється на гомоморфізм відображення f образу на наукову модель \mathbf{M} об'єкта a_i , яка є абстрактною системою \mathbf{S}' (рис. 1).

Досліджуваний об'єкт a_i належить певній предметній галузі. Зазвичай предметну галузь (ПГ) розглядають як сукупність об'єктів, які мають певні зв'язки та відношення між собою. Прикладом ПГ може бути електроенергетична система, тобто взаємопов'язана сукупність електричних станцій, мереж і вузлів споживання.

В кваліметрії ПГ або її фрагмент має назву «*емпірична система з відношеннями*» (ЕСВ). ЕСВ, як образ, позначимо символом \mathbf{S}^* .

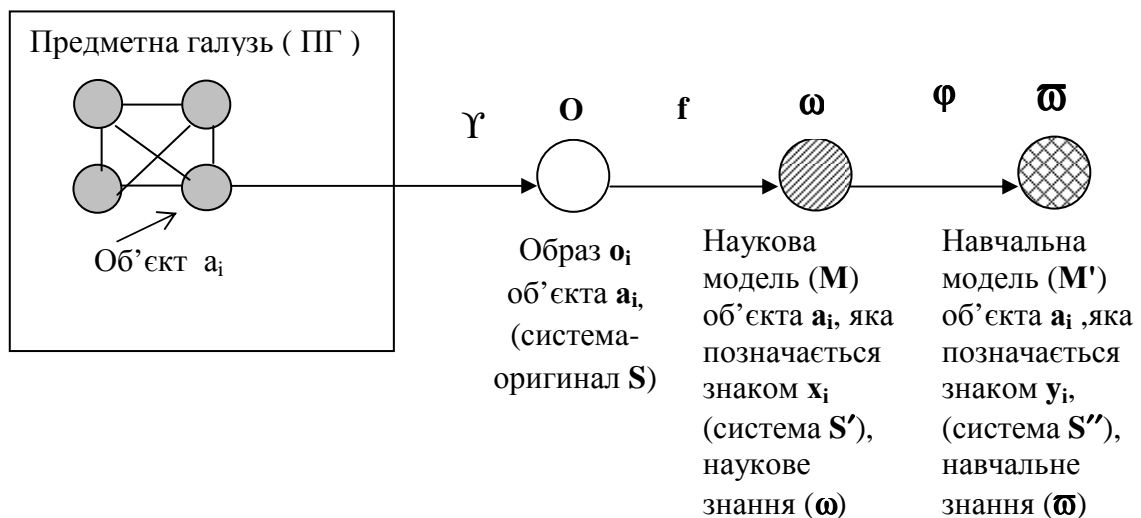


Рис. 1. Відображення матеріального об'єкта a_i предметної галузі з отриманням абстрактного образу o_i та моделей репрезентації об'єкта \mathbf{M} і \mathbf{M}'

Як відомо з вищої алгебри [9], відношення еквівалентності (\sim) на множині \mathbf{I} (чи на множині \mathbf{J}) – це бінарне відношення, для якого виконуються такі умови:

- *рефлексивність* $a_i \sim a_i$ для будь-якого $i \in \mathbf{I}$;
- *симетричність*: якщо $a_i \sim a_k$, то $a_k \sim a_i$ ($k \in \mathbf{I}$);

– *транзитивність*: якщо $a_i \sim a_k$ і $a_k \sim a_t$, то $a_i \sim a_t$.

Вважаємо, що ЕСВ має n об'єктів a_i , які належать множині I ($i = \overline{1, n}$, $i \in I$). Якщо m – число зв'язків (відношень) R_j між вказаними об'єктами, які належать множині J ($j = \overline{1, m}$, $j \in J$), то образ ЕСВ є система-оригінал S^* , яку можна подати у вигляді кортежу:

$$S^* = \langle \{ a_i \}, i \in I, \sim; \{ R_j \}, j \in J, \sim \rangle, \quad (2)$$

де знак \sim означає еквівалентність. З фізичної точки зору еквівалентність означає узгодженість між собою як самих об'єктів a_i , так і зв'язків (відношень) між ними R_j , що забезпечує цілісність системи S^* .

Співвідношення (2) є формалізованим уявленням про ПГ, яка розглядається як ЕСВ. Моделювання ЕСВ має тлумачення аналогічне моделюванню матеріального об'єкта ПГ та зображується на рис.2.

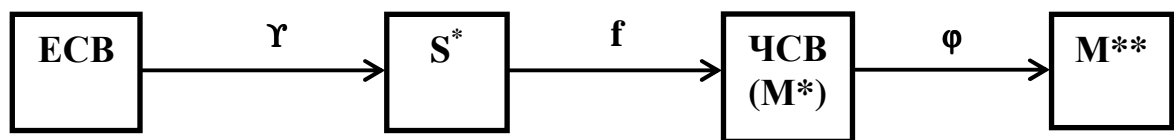


Рис. 2. Експлікація отримання наукової (M^*) та навчальної (M^{**}) моделей ЕСВ

Формалізовану модель ПГ (ЕСВ) можна зобразити як кортеж, компонентами якого є множина об'єктів I предметної галузі та множина дуг (направлених ребер) D . Замінімо множину об'єктів множиною знань про ПГ. Для цього кожному об'єкту a_i зіставимо цілісний елемент інформації про нього, тобто інформаційну одиницю e_{ij} . Тоді формалізовану модель ПГ можна розглядати у вигляді орієнтованого графу Γ , в якому вузли є інформаційні одиниці e_{ij} , а дуги $d_{ijk\ell}$ – відповідні зв'язки або (і) відношення між ними (рис. 2). Математично це виражається так:

$$\Gamma = \langle E, D \rangle, \quad (3)$$

де E – множина інформаційних одиниць ($e_{ij}, e_{k\ell}$), що гомоморфно відображають відповідні об'єкти (a_i, a_j) предметної галузі ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$), а D – множина дуг $d_{ijk\ell}, d_{ijk\ell}^*$ ($k = \overline{1, p}, \ell = \overline{1, q}$).

Сукупність вузлів і дуг можна задати квадратними матрицями:

$$E = \| e_{ij} \|_{n \times n}, \quad D = \| d_{ijk\ell} \|_{m \times m}, \quad (4)$$

де n і m – порядки відповідних матриць (рис. 3).

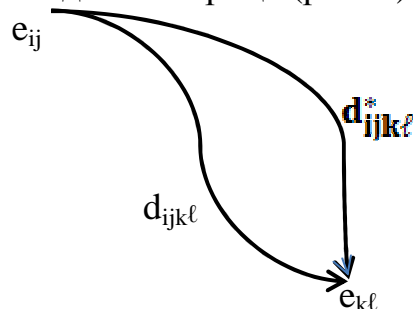


Рис. 3. Орієнтований граф, який відображає направлені зв'язки між двома об'єктами e_{ij} і e_{kl} предметної галузі

ПГ можна розглядати як джерело інформації, яке відображає внутрішню структуру взаємодіючих об'єктів a_i ($i = \overline{1, m}$). Вважаємо, що це джерело інформації відображає власну прагматичну (Y_1), а також семантичну (сислово) структуру, або висловлюючись на мові математичної логіки, – логічну (Y_2) структуру. Вказані структури входять у множину Y . Множину елементів внутрішньої структури джерела інформації позначимо, як $A = \{a_i\}$, $i \in I$. Тоді число структур інформації, які отримуються від множини A об'єктів ПГ можна задати числом компонентів множини D , яка визначається об'єднанням двох множин:

$$D = (A \times Y) \cup (A \times A), \quad (5)$$

де перший декартів добуток можна наочно зобразити графом відношень від A до Y (біграфом), а другий – графом відношень в множині A , який визначає число зв'язків між об'єктами ПГ (рис. 1).

Для пояснення студентам функціональних і потокових зв'язків при аварійному режимі роботи асинхронного двигуна викладач повинен побудувати орієнтовані графи, які зображають конструктивну та потокову функціональні структури. Як відомо [14], конструктивна функціональна структура (логічна структура) відображає функціональні зв'язки між об'єктами та зображується орграфом, вершини якого є найменування елементів, а дуги – функції елементів. Потокова функціональна структура (прагматична структура) відображає потокові зв'язки між об'єктами та зображується орграфом, вершини якого є найменування елементів технічного об'єкта або найменування операцій Коллера, а дуги – входні та вихідні потоки речовини, енергії, сигналів або інших факторів. Не розглядаючи методи побудови вказаних структур, зазначимо, що для 4-х взаємодіючих об'єктів a_1, a_2, a_3, a_4 (трифазна мережа, статор, ротор і робоча машина), загальна кількість N функціональних зв'язків (функцій об'єктів) і потокових зв'язків (потоків перетворення видів енергії) дорівнює числу визначених компонентів множини D , а саме $N = 14$. При цьому в отриманій нами формулі (5) для універсального відношення (декартового добутку) $P = A \times A$ елімінуються пари (a_i, a_j) елементів. Ці пари відповідають співвідношенню $a_i P a_j$ в множині A та зображуються петлями графа відношення в множині A . Також об'єднуємо пари, яким відповідають відношення $a_i P a_j$ та $a_j P a_i$, що ілюструються ненаправленими дугами (ребрами).

Розглянемо дві різні підсистеми S_1, S_2 , де $S_1 \subset S^*, S_2 \subset S^*$, а також об'єкти α, β будь-якої природи, що належать вказаним підсистемам, тобто $\alpha \in S_1, \beta \in S_2$, де S^*, S_1, S_2 можна розглядати як множини. Очевидно множина пар (α, β) являє собою прямий (декартовий) добуток $S_1 \times S_2$. Звідси *закон композиції* $S_1 \times S_2 \rightarrow S^*$ визначає результат операції χ як відображення множини $S_1 \times S_2$ в множину S^* , де $S^* = S_1 \cup S_2$. При цьому запис $\alpha T \beta = \chi$ означає, що α в композиції з β дає об'єкт χ , де об'єкти α і β називаються *операндами*, символ T позначає операцію, а χ – композицію об'єктів α і β .

Розглянемо досліджувану ЕСВ, яка зображується множиною S^* . Два довільних елементи α і β (об'єкти) множини S^* утворюють композицію, тобто елемент (об'єкт) $\chi = \alpha T \beta$, де $\alpha \in S^*, \beta \in S^*, \chi \in S^*$. Нехай модель M^*

досліджуваної системи складається з абстрактних об'єктів, які є образами об'єктів системи S^* (рис. 2). Тоді відображення множин $f: S^* \rightarrow M^*$ називається *гомоморфізмом* S^* в M^* , якщо для всякої пари (α, β) із S^* правдиве співвідношення

$$f(\alpha \top \beta) = f(\alpha) \perp f(\beta). \quad (6)$$

При цьому S^* гомоморфно відображається в M^* "...відносно операцій \top і \perp " [16, с. 155], а множини S^* і M^* , як два групоїда, мають різні властивості (ознаки) відносно визначених на них операцій \top і \perp .

Очевидно, що *наукову модель* M^* досліджуваної системи S^* можна подати як *числову систему з відношеннями* (ЧСВ), яка складається з елементів x_i , які є моделями об'єктів a_i , тобто

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (7)$$

де \mathbf{X} є вектор, що характеризує сукупність моделей об'єктів a_i ($i = \overline{1, n}$), які входять в систему S^* . Тоді ЧСВ можна задати кортежем

$$M^* = \langle \{x_i\}, i \in I, \sim; \{R_j^*\}, j \in J, \sim \rangle, \quad (8)$$

де R_j^* – відношення між елементами моделі x_i ($i = \overline{1, n}$), які отримані шляхом гомоморфного відображення $R_j \rightarrow R_j^*$, і відповідно $a_i \rightarrow x_i$.

Гомоморфізм ЕСВ і ЧСВ означає таке відображення f , що для будь-яких $a_k, a_e \in \{A\}$ є такі $x_k, x_e \in \{X\}$, що має місце $a_k R a_e$ тоді і тільки тоді, коли виконується $x_k R^* x_e$, де елементи ЧСВ $x_k = f(a_k)$, $x_e = f(a_e)$, а f – оператор, за яким кожному елементу a_i множини A ставиться у відповідність певний елемент x_i множини X .

Очевидно, що дослідник може оцінити взаємне розташування об'єктів, міру близькості, реальні чи віртуальні зв'язки між ними. Це дає можливість виділити ряд елементів (образів об'єктів), які входять у певні *кластери* (скупчення, групи, класи), в кожному з яких вони тісно пов'язані між собою, рівномірно розподілені та мають будь-яку загальну ознаку, що відповідає певній загальній властивості об'єктів, що входять у підсистему ПГ.

Після побудови моделі M об'єкта a_i предметної галузі чи моделі M^* системи S^* , вказані моделі перевіряється на адекватність. *Адекватність моделі* означає, що "...вимоги повноти, точності та правильності моделі виконуються не взагалі, а лише у тій мірі, яка достатня для досягнення мети" [10, с.75]. Це означає, що хоча модель будується за "...за повною відповідністю об'єкта, щоб замінити його при дослідженні та одержати достовірну інформацію про об'єкт досліджень" [2, с.29], проте модель, як штучна система, тільки з певним ступенем точності відображає основні властивості об'єкта-оригіналу, який досліджується. Вказане узгоджується з *теоремою неповноти К. Геделя*, яка стверджує, що у межах будь-якої формальної системи або мови керування неможливо отримати цілком точне і повністю формалізоване знання [3]. Ось чому в ХХ ст. поняття істини поступово стало поступатися поняттю моделі.

Моделі об'єкта ПГ або ЕСВ за причинною обумовленістю поділяються на *детерміновані*, в яких всі зовнішні та внутрішні параметри приймають відомі, заздалегідь задані та чіткі значення, а також на недетерміновані. Останні в свою

чергу поділяються на *стохастичні* моделі, які мають справу зі випадковими величинами, та на *нечіткі* моделі, які оперують поняттями “лінгвістична змінна”, “терм”, “функція належності” [20] і багатокритеріальними рішеннями, які задані у вигляді значень лінгвістичної змінної.

Нами ідентифікована та проаналізована множина основних неполадок, як значень лінгвістичних змінної $L_1 \leftrightarrow Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ у роботі електродвигуна при аварійних режимах і множина відповідних дій електромонтера $L_2 \leftrightarrow X = \{x_1, x_2, x_3\}$ за умови високого ступеня стресових впливів, пов'язаних з відповідальністю за прийняття рішення [7]. Вказані значення лінгвістичних змінних L_1, L_2 формалізуються як нечіткі множини та оцінюється за допомогою правила нечіткої імплікації $X \times Y \rightarrow [0,1]$, яке є наслідком виду *функції належності* Л.Заде

$$\mu_R(x, y) \in [0,1], x \in X, y \in Y, x R y. \quad (9)$$

При цьому $\mu_R(x, y) = 1$ для деяких $(x, y) \in X \times Y$ означає, що елемент (x, y) абсолютно вірогідно (достовірно) належить нечіткій множині $R = \{(x, y), \mu_R(x, y)\}$, а значення $\mu_R(x, y) = 0$ означає, що елемент (x, y) точно не належить нечіткій множині R , де R – нечітке відношення між двома множинами X і Y .

Основні етапи побудови моделі об'єкта a_i предметної галузі (моделі системи S) такі:

1. Визначення мети побудови моделі системи S . У більшості випадків вказана мета повинна забезпечити ефективне управління (машинне керування) системою, яка виступає як об'єкт управління (керування). Діяння на об'єкт може наблизити нас до досягнення поставленої мети, тобто змінити його стан в бажаному для нас напрямку. Процес управління (керування) – це процес цілеспрямованої (доцільної) дії на об'єкт за певним алгоритмом.

2. Етап ідентифікації системи S . Виділення системи S з оточуючого середовища, її структуризація на об'єкти a_i ($i = \overline{1, n}$) предметної галузі. Дослідник вивчає структуру ПГ, тобто структуру системи S , склад та властивості об'єктів a_i , у т.ч. характеристичні, тобто *атрибути* (невід'ємні властивості, істотні ознаки об'єктів) і *модуси* (різновиди ознак), аналізує взаємодію об'єктів a_i , зв'язки між ними R_j ($j = \overline{1, m}$), а також їх поведінку – рух, функціонування, розвиток.

3. Етап концептуалізації та побудова дескриптивної (описової) моделі системи S . Змістовний аналіз ПГ, виявлення закономірностей структури та функцій елементів x_i , які є гомоморфними образами об'єктів a_i , виділення понять і категорій, як форм відображення матеріальних об'єктів a_i і як засобів їх розумового відтворення, аналіз відношень R_j^* ($j = \overline{1, m}$) між поняттями ($R_j \rightarrow R_j^*$), виявлення метапонять тощо.

Якісний опис системи S (формування описової моделі об'єкта управління чи об'єкта керування, включення в неї початкових умов, нормативних значень показників і характеристик у вигляді таблиць, графіків тощо). Вербальна форма моделі пов'язана з нечисловим характером ЕСВ. Це означає, що множина

дійсних чисел не може служити її моделлю із-за специфічних властивостей відношень між об'єктами ПГ.

4. Етап формалізації, побудова формалізованої моделі системи S. Дослідник всі ключові поняття та відношення між ними описує за допомогою неформальної (вербальної), а потім формальної мови. Повинні бути чітко визначені всі поняття та терміни, зокрема через діючі термінологічні стандарти. Далі будується формальна модель системи S, яка має достатньо високий рівень абстракції: структурно-логічна схема, продукційне правило, граф, фрейм, семантична мережа, мережа Петрі тощо.

5. На основі формальної моделі будують **змістовну модель** системи S, шляхом наповнення змістовною сутністю із заданої ПГ. Модель системи S реалізується у вигляді **наукових знань**, які зображені в декларативній формі (“хто ?, що ?”), в структурній формі (“чому?”) і в процедурній формі (“як ?”). Останні є найбільш прагматичними та втілені у гіпертекстовій технології.

6. Побудова математичної моделі. За результатами спостережень та вимірів параметрів системи S будується оптимальна (в сенсі вибраного критерію) математична модель (ММ). Отримують такі ММ: аналітичні, алгоритмічні, імітаційні. В основі побудови ММ застосовується метод структурної та параметричної ідентифікації [10]. До ММ пред'являються вимоги універсальності, адекватності, точності й економічності. Зазначимо, що не для всіх ЕСВ можна побудувати ММ.

7. Перевірка адекватності ММ. Адекватність – це властивість ММ, що полягає в здатності моделі відтворювати з необхідною повнотою та точністю ті властивості якості системи S (зокрема, об'єкта управління), які істотні для цілей даного дослідження. Властивості об'єкта управління математична модель повинна відображати з похибкою δ не вище заданої: $\delta \leq \delta_{\text{задана}}$.

8. Побудова навчальної моделі M' системи S (рис.1). Навчальна модель системи S складається з навчальних знань, які отримуються шляхом відбору, гомоморфного відображення та методичної обробки наукових (зокрема, науково-технічних) знань, відповідно до цілей фахової підготовки, сформульованих в ОКХ і в типових навчальних програмах (більш детально є в [8]). Якщо $M(P)$ – наукова модель об'єкта a_i ПГ з науковими поняттями $c_i, i \in I$ й відношеннями між ними $r_j, j \in J$, а $M'(P)$ – навчальна модель об'єкта a_i ПГ, яка зберігає частину наукових понять $c_k, k \in K$ і основних відношень $r_q, q \in Q$, де $K \subset I, Q \subset J$, то вказані моделі пов'язані гомоморфним відображенням

$$\Phi: M(P) \Rightarrow M'(P). \quad (10)$$

Висновок. Таким чином, наукова модель об'єкта ПГ (модель ЕСВ) є ЧСВ, яка отримується шляхом гомоморфного відображення та визначених етапів і процедур моделювання. Велика кількість відомих на нинішньому історичному етапі зв'язків і відношень об'єктів ПГ є основою для побудови відповідних математичних моделей (детермінованих, стохастичних, нечітких) високого ступеня адекватності та точності. Спрощеною (сімпліфікованою) в аспекті відношень є навчальна модель об'єкта ПГ, яка, як і наукова модель того ж об'єкта, має дескриптивний (описовий, якісний) і, можливо, кількісний

характер, проте акцент ставиться на тлумаченні (експлікації) термінів та інтенції на методику пояснювання (прескриптивності) сутності явищ.

Предпринята попытка теоретически обосновать связь научного и дидактического моделирования объектов охраны труда. Проанализированы виды моделей. Раскрыта сущность и этапы моделирования объекта предметной области.

Ключевые слова: *Моделирование, модель, предметная область, эмпирическая система с отношениями, изоморфизм, гомоморфизм, числовая система с отношениями, адекватность.*

Here made an attempt for a connection of scientific and didactic protection of labour matters modeling to be grounded theoretically. Types of models are analyzed. Here revealed the essence and stages of knowledge domain matter modeling.

Key words: *Modelling, model, knowledge domain, empiric system with relations, isomorphism, homomorphism, numerical system with relations, adequacy.*

Література

1. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели / В. И. Арнольд. – М.: Наука, 2000. – 260 с.
2. Бережний М.М. Основы научных исследований та техника эксперименту: монографія / М.М. Бережний, М.М. Кондратенко. – Дніпропетровськ: Пороги, 2009. – 287 с.
3. Геделя теорема о неполноте // Математическая энциклопедия. – 1977. – Т. 1. – С. 909–910.
4. Глушков В.М. Мышление и кибернетика / Виктор Михайлович Глушков // Диалектика в науках о неживой природе. – М.: Мысль, 1964. – С. 499-520.
5. ДСТУ ISO 9000-2001. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – К.: Держстандарт України, 2001. – 26с.
6. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1970. – 720 с.
7. Костюченко М.П. Дидактичне проектування в системі навчання охорони праці / М.П.Костюченко, В.Г.Здановський //Проблеми охорони праці в Україні: зб.наук.праць. – 2011. – Вип. 21. – С. 125 – 136.
8. Костюченко М.П. Проектування паралельних структур навчальних знань з охорони праці методом ієрархічної декомпозиції // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2011. – № 2 (30). – С. 3 – 10.
9. Курош А.Г. Курс высшей алгебры: учебник / А.Г. Курош. – СПб.: Изд-во «Лань», 2007. – 432 с.
10. Лямец В.И. Системный анализ. Вводный курс: [учеб. пособие] / В.И. Лямец, А.Д.Тевяшев. – Х.: ХНУРЕ, 2004. – 448 с.
11. Норенков И.П. САПР. Принципы построения и структура / И.П. Норенков. – М.: Высшая школа, 1986. – 127с.
12. Основы моделирования геомеханических процессов: монографія / [Подкопаев С.В., Александров С.Н., Ефремов И.А и др.]; под общ. ред. И.А. Ефремова, Н.В. Малеева. – Донецк: “Ноулидж”, 2012. – 262 с.
13. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: [учеб. пособие] / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
14. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: учебное пособие / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
15. Про організацію та вдосконалення навчання з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільного захисту у вищих навчальних закладах України: Наказ Міністерства освіти і науки України, Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій, Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 21.10.2010 р. № 969/922/216.
16. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера / В. П.Сигорский. – К.: Техніка, 1975. – 768 с.

17. Советов Б.Я. Моделирование систем: [учебник для вузов] / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М.: Высш. шк., 2007. – 343 с.
18. Старіш О.Г. Системологія: підручник / О.Г. Старіш. – К.: Центр навч. літератури, 2005. – 232 с.
19. Шеховцова В.І. Формування проектної культури майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю в процесі вивчення системотехнічних дисциплін : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.02 / В.І. Шеховцова.– Харків, 2010. – 20 с.
20. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basic for a theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems. – 1978. – V. 1. – P. 2–28.