

МОДЕЛЮВАННЯ – ОДНА З ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ЕТАПІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

О.М. Карпаш, М.О. Карпаш, І.В. Восвідко

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42432,
e-mail: karpash@nuing.edu.ua

Головним завданням підготовки інженерів у технічних університетах є, окрім надання глибоких теоретичних знань і професійних навичок, розвиток здатності спеціаліста до творчого потенціалу. Тому однією зі складових у реалізації даного завдання є спонукання майбутнього інженера до самостійного мислення та моделювання різних видів технологій.

Моделювання, як і експеримент, відноситься до основних технологій наукової та інженерної діяльності і поділяється на фізичне, геометричне, комп'ютерне та математичне.

У даній статті докладніше розглядаються математичні моделі і математичне моделювання як опис об'єкта з допомогою математичної мови.

Ключові слова: творчий потенціал, моделі, моделювання, мислення, експеримент.

Главным заданием в подготовке инженеров технических университетов, кроме предоставления глубоких теоретических знаний и профессиональных навыков, является развитие способности специалиста к творческому потенциалу. Поэтому одной из составляющих в реализации данного задания является склонение будущего инженера к самостоятельному мышлению и моделированию различных видов технологий.

Моделирование, как и эксперимент, относится к одной из основных технологий научной и инженерной деятельности и подразделяется на физическое, геометрическое, компьютерное и математическое.

В этой статье внимание уделено математическим моделям и математическому моделированию как описанию объекта с помощью математического языка.

Ключевые слова: творческий потенциал, модели, моделирование, мышление, эксперимент.

The main objective of engineers' training in technical universities, in addition to deep theoretical knowledge and professional skills, is the development of the specialist ability to creativity. Therefore, one of the components in realization of this task consists in encouraging of future engineers to independent thinking and simulation of different types of technologies.

Simulation, as well as experiment, refers to the core technologies of research and engineering activities. It can be of different kinds, including physical, geometrical, computer, and mathematical simulation.

This article deals in more detail with mathematical models and mathematical simulation as the object description with the help of the mathematical language.

Key words: creativity, models, simulation, thinking, experiment.

Третя технологічна революція, яка відбувається у світі, і реалізація Україною стратегії сталого розвитку ставлять нові виклики перед інженерним корпусом і вимагають нових підходів до їх підготовки. Змінюється зміст, предмет, засоби, способи і технологія інженерної діяльності [1, 2, 3].

Метою даної публікації є розгляд особливостей інженерної діяльності на сучасному етапі розвитку суспільства, в тому числі і її технології. Щоб детально розглядати технологію інженерної діяльності та інженерної роботи бажано мати їх опис. Мусимо констатувати, що єдиного описання, інваріантного у відношенні до різних видів інженерії – проектуванню, діагностики, дослідженням, керуванню технікою і технологічними процесами, немає і, напевно, не може бути.

Проте загальний опис процедур, притаманних для основних видів інженерної діяльності, можна зробити. Власне, ці процедури закладені в поняття інженерного мислення тому, що діяльність інженера – це **діяльність мислення**.

Узагальнена схема інженерної діяльності складається з наступних основних компонентів:

1. **Мета.** Формулюючи мету, ми відповідаємо на питання заради чого створюється ТО (технічний об'єкт) – об'єкт діяльності, і задумуються (плануються) роботи, необхідні для цього.

2. **Засоби.** Це те, чим потрібно володіти, щоб виконувати необхідну для створення ТО роботу.

3. **Продукт** – це те, що конкретно буде одержано в результаті виконаної роботи.

4. **Вихідний об'єкт** – перше уявлення про продукт, його вигляд, заготовка, тобто те, що повинно перетворитись у продукт.

5. **Процес діяльності**, в якому суб'єкти діяльності, зокрема й інженери, реалізують мету діяльності відносно об'єкта діяльності. Цей компонент включає в себе те, що у сукупності визначає хто і як (з допомогою яких конкретних процедур, операцій, дій і в якій послідовності і взаємозв'язку) повинен формувати (виготовляти, створювати) продукт діяльності, який відповідає поставленій меті [4].

Центральне місце серед цих процедур, як би це незвично не виглядало, займає моделювання.

Моделювання поряд з експериментом відноситься до основних технологій наукової та інженерної діяльності. Володіти цією технологією повинен і інженер-дослідник, і інженер-конструктор, і інженер-технолог, і інженер-менеджер.

Варто зазначити, що моделювання присутнє практично в усіх видах творчої діяльності людей різних напрямків – дослідників, виробників, підприємців, політиків, військових, лікарів, криміналістів, творчих працівників. Взагалі, важко назвати ту науку, ту галузь знань, де б не займалися моделюванням.

У зв'язку з цим курс методології інженерної діяльності повинен містити докладний розгляд моделювання як ключовий розділ.

Нам належить відповісти на наступні питання:

- Що таке модель і звідки виникає потреба у використанні моделей?

- Які моделі бувають?

- Як будуються (створюються) моделі?

- У чому полягає математичне моделювання та його можливість для застосування в інжинірингу і в науці?

- Що можливо і що не можливо створити шляхом моделювання, як використовуються моделі в проектуванні і конструюванні, виробництві, діагностиці і технічному обслуговуванні ТО, організації і керуванні діяльністю?

Прагнучи, перш за все, узагальнити уявлення студентів про математичне моделювання, що склалися в процесі навчання, ми одночасно маємо бути зацікавлені в розвитку у них більш широкого погляду на моделювання, розуміння його значущості й ефективності в усіх аспектах діяльності. У тому числі – в пошуку правильних рішень, що стосуються організації діяльності і керування нею, взаємодії з колегами, партнерами, керівництвом, досягнення поставленої мети там, де переважають суб'єктивні чинники людських відносин, психології, цінностей орієнтації, які не піддаються формалізації.

Яку б роботу не виконував інженер, він, здебільшого, **стикається з проблемними ситуаціями і шукає вихід із них.**

Усвідомлення людиною ситуації, в якій вона знаходиться, підштовхує її на пошук відповідей на наступні питання:

- Яку мету потрібно досягти і яка її актуальність, тобто наскільки це необхідно якраз на даний момент?

- Що заважає цьому, тобто в чому проблема?

- Що потрібно для усунення перепон?

Проблемна ситуація породжує проблеми і виникає з протиріччя між потребою, що виникла, і наявними засобами для її адекватного задоволення. Не буде перебільшенням сказати, що **проблемні ситуації – це середовище існування інженерного мислення, той світ, в якому це мислення себе знаходить.**

І, як наслідок, адекватне моделювання проблемних ситуацій, пов'язаних зі створенням і використанням за призначенням технічних об'єктів, і пошук виходів із них – є одним із

ключових моментів у технології інженерної діяльності.

Розглянемо один, на наш погляд, дуже повчальний приклад.

Менеджери нової офісної будівлі, приміщення якої були орендовані різними компаніями, зіткнулися з незадоволенням працівників цих компаній у зв'язку тим, що їм потрібно довго стояти в черзі на ліфт, коли вони приходять на роботу. І через це вони починають робочий день роздратованими.

На спеціально скликаній з цього питання технічній нараді було запропоновано чимало конкретних інженерних рішень проблеми. Хтось запропонував компаніям розпочинати робочий день у різний час, щоб розвантажити ліфт, хтось – збільшити швидкість ліфтів, хтось – змінити організацію руху ліфтів: щоб одні зупинялися на парних поверхах, другі – на непарних. Озвучувалися і радикальніші пропозиції.

Але було прийнято і виявилось ефективним інше. Його автор виходив із того, що черги за існуючого планування будівлі є неминучими, і насправді пропозиція полягала в тому, щоб очікування ліфта не було обтяжливим. А для цього він рекомендував у ліфтовому холі повісити великі дзеркала, встановити телевізійні монітори з показом сюжетів, які заспокоюють нерви, знімають стрес, періодично влаштовувати художні виставки та ін. У підсумку проблему було усунено.

Відомо, що діяльність інженера – це зовсім не робота на одинці. Вона здійснюється в суто часових рамках на визначеному робочому місці, у постійних робочих контактах з колегами, службовцями вищого і нижчого рангів, працівниками суміжних служб і підрозділів. Відповідно, володіння технологією інженерної роботи – це не тільки вміння аналізувати і проектувати, конструювати і розраховувати, діагностувати і програмувати. Це і вміння працювати з колегами в команді, і здатність бачити «поле роботи», розуміти свою роль, своє місце в загальній системі діяльності відповідного структурного підрозділу, підприємства, компанії загалом.

Дуже характерним, на наш погляд, є вислів знаменитого фізика, лорда Уільяма Кельвіна: **«Зрозуміти явище – значить побудувати його модель».**

Саме слово модель має латинські коріння: словом “*modelus*” на латині позначають речі, подібні у будь-якому відношенні між собою.

Насправді, поняття моделі є набагато ширшим. В його основі лежить уявлення про аналогію.

У перекладі з грецької **аналогія** – це відповідність, яка фіксується людською свідомістю, збіг, схожість у будь-чому двох або декілька об'єктів (систем, ситуацій, явищ, процесів, характеристик), які дають можливість знання про одне використовувати для міркувань про інше чи інших [4].

Визначимо **поняття моделі** так:

Якщо якийсь об'єкт X володіє властивостями (характеристиками, атрибутами,

параметрами), у визначеному змісті подібними з тими, що є в об'єкта Y , і за рахунок цього низку міркувань про об'єкт X можна перенести з якоюсь достовірністю на об'єкт Y (тобто вважати справедливими як для X , так і для Y), то об'єкт X може бути моделлю об'єкта Y .

У дійсності, роль моделей у діяльності людей і ширша, і більш фундаментальна. Зокрема, наукове пізнання світу є не що інше, як відображення різних явищ, процесів, закономірностей адекватними моделями.

Можна вказати безліч випадків, пише у своїй книзі «Етюди про гуманітаризацію освіти» академік А.Х. Мірзаджанзаде – «коли термін «**моделювання**» застосовується як синонім пізнання, гносеологічного відображення» [5].

Але моделі і моделювання є фундаментом не тільки наукового пізнання. Їх можна розглядати і як певний тип моделі світу. Це так само відноситься і до літератури, театру, образотворчого мистецтва.

Об'єкти X і Y можуть мати як **однакову, так і різну природу**. Вони можуть бути **матеріальними або інформаційними, реальними й ідеальними (абстрактними)**.

Наприклад, існує жіноча професія топ-моделі. Всесвітньо відомі топ-моделі Клаудія Шифер, Сінді Кроуфорд, Наомі Кемпбелл.

Резонно запитати, моделями чого чи кого ці жінки є?

На це запитання можна дати таку відповідь: їх зовнішність відображає у суспільстві (вірніше його деякої частини) *уявлення* про жіночу красу.

У даному випадку вихідний **об'єкт абстрактний (ідеальний)** – уявлення (думка) людей, а **модель** – **зовсім реальна**, як можна сказати, з плоті і крові.

Протилежний приклад: такі **абстрактні (ідеальні) об'єкти** як матеріальна точка, пряма, абсолютно чорне тіло є **моделями реальних процесів**: фізичних тіл, променя світла, особливостей його поглинання і т.п.

Не менше ніж модель відома і професія модельєра. **Модельєр** – це спеціаліст зі створення моделей одягу, взуття. Що таке модель одягу? Це або ескіз, малюнок (інформаційний об'єкт), або єдиний взірць окремого виду одягу (матеріальний об'єкт), який не обов'язково призначений для конкретної людини, а який втілює в себе уявлення про деяку бажану властивість одягу (абстрактний об'єкт). Не обов'язково модний. Наприклад, модель форми рятувальника або лікаря більше відображає зручність, раціональність з функціональної точки зору.

Знайдеться мало людей, які не знають, що таке **фоторобот**. Взагалі, це також визначений тип моделі (інформаційної) реальної людини, яка знаходиться в розшуку (не обов'язково злочинець).

Персонаж літературного твору – художній образ (літературний типаж), так чи інакше моделює людей, які зустрічаються в реальному житті.

У ливарному виробництві працюють спеціалісти різних професій, зокрема і **модельники**. Їх функцією є виготовлення модельного комплексу, який представляє частину ливарного оснащення, до якого входять технологічні пристосування, необхідні для одержання у формі відбитку **моделі відливу**.

Коли і оригінал, і модель – **матеріальні об'єкти**, моделювання визначається як **фізичне**.

Частим випадком фізичного моделювання є **геометричне моделювання**.

Теоретичною базою **фізичного моделювання** є *теорія подібності і розмірності*, і, зокрема, знаменита теорема Піфагора.

Особливим типом моделей є **феноменологічні** моделі, тобто моделі, сконструйовані таким чином, що вони відображають експериментальні факти, але не за рахунок проникнення в сутність моделювальних явищ, об'єктів, процесів, що залишаються для дослідника чорними ящиками. Пояснимо це на прикладах.

Розповсюдження електромагнітних хвиль також пов'язували з існуванням деякої субстанції, яку називали ефіром. Нічого спільного з реальністю це, як було доведено з часом, не мало, але моделі, створювані з припущенням існування ефіру, приносили практичну користь, з їх допомогою здійснювали інженерні розрахунки [4].

До феноменологічної можна віднести і відому планетарну модель атому, запропоновану М. Бором. У цій моделі автор уподібнив електрони з матеріальними частинами, що рухаються навколо ядра орбітами, подібними з планетарними орбітами. Перехід електрона з орбіти на орбіту пов'язувався з поглинанням фотона.

Окремий вид моделей становлять **моделі складних систем**. Складна система містить значне число елементів, зв'язки яких між собою характеризуються великою різноманітністю. Властивостями складної системи є цілісність, членування, ієрархічність, багатоаспектність.

До **складних систем** переважно відносять крупні технологічні, виробничі, енергетичні, транспортні (комунікаційні), соціальні, оборонні комплекси, наприклад, такі, як нафтові родовища, промислові підприємства, телефонну мережу, систему нафтогазопроводів, житлово-комунальну систему, систему швидкої медичної допомоги, систему освіти, систему протиповітряної оборони.

Процеси функціонування складних систем, переважно, нелінійні та інколи зумовлені впливом випадкових і невизначених чинників (обставин).

Зокрема, вимірюванням складності системи може бути число її можливих станів або число ступенів свободи. При цьому складною буде система з таким числом складностей, яке велике з точки зору наявних у дослідника засобів опису й аналізу її поведінки. Тобто, **складна система – це та система, яка не піддається такому спрощенню, за якого знімається проблема її багатомірності, нелінійності, стохастичності**.

Поряд із поняттям складної системи вживається і поняття складного процесу. Зокрема, складним процесом є знешування, тому що воно залежить від значного числа чинників. Це характеристики контактуючих поверхонь, зокрема, жорсткуватість, яка є випадковою функцією, що залежить від матеріалу деталі, способу оброблення поверхні, до якого входять термооброблення, параметри змащування, що залежать від навколишнього середовища, це діючі на поверхнях контакту напруги, відносна швидкість зміщення поверхонь, яка змінюється випадковим чином і т.п.

Математичні моделі складних систем (процесів) мають, здебільшого, ідентифікаційний характер. Це означає, що деякі елементи моделі (структура, параметри) визначаються за експериментальними даними, що характеризують поведінку оригіналу.

Знедавна ввійшли у вжиток такі поняття як віртуальна реальність, віртуальний світ. Це також моделі, які і раніше використовувались у комп'ютерних тренажерах.

У **соціальной психології** до окремого індивідууму чи групи широко використовують поняття моделі поведінки і розуміють при цьому сукупність типових реакцій і вчинків людей в окремих ситуаціях. У підручниках з менеджменту і маркетингу докладно аналізуються різні моделі поведінки партнерів з переговорів, клієнтів, споживачів [4].

В астрологічних гороскопах також фігурують **моделі поведінки людей**, які позначаються назвами відповідних знаків зодіаку.

Коли про людину говорять, що вона сангвінік, холерик, флегматик чи меланхолік, то мова йде про відповідність деяких властивостей її особистості одній зі вказаних моделей темпераменту – сангвінік, флегматик, холерик, меланхолік.

Також у наше життя ввійшли і стали повсякденними соціологічні опитування. Те, що соціологи в результаті одержують, є **моделями**, тобто **моделями суспільної думки**, пріоритетів і переваг у будь-яких сферах побуту, за групами населення, регіонів і т.п.

Будь-які знання про об'єкт, будь-які судження формулюються, передаються і сприймаються людьми з допомогою деякої мови (природної, наукової, математичної, мови жестів), у більш широкому розумінні – з допомогою певної знакової системи. Наука, яка вивчає теорію побудови знакових систем, що використовуються у спілкуванні людей і їх діяльності для обміну інформації, – **називається семіотикою**. (*Семіотика, або семіологія (від грец. $\sigma\mu\epsilon\iota\omega\tau\iota\kappa\acute{o}\varsigma$ — такий, що має ознаки від грец. $\sigma\mu\epsilon\iota\omega$ — знак, ознака, грец. $\tau\omicron\mu\alpha$ — знак) — наука, яка досліджує способи передачі інформації, властивості знаків і знакових систем в людському суспільстві (головним чином, природні та штучні мови, а також деякі явища культури, системи міфів, ритуалів), природні (комунікація у тваринному світі) або в самій людині (зорове та слухове сприйняття тощо).*

Іншими словами, семіотика — це теорія знаків і знакових систем) [6].

Якщо використовується повсякденна мова, то такую модель називають **вербальною (тобто словесною), якщо математична – математичною моделлю**.

Варто зазначити, що повсякденну мову люди сприймають, принаймні, у двох варіантах: у вигляді усної чи письмової мови. Клинопис давніх шумерів, сучасне буквенне чи ієрогліфове письмо – знакові моделі усної мови.

Знакові моделі, в яких знаки мають деяку схожість з оригіналом (наскальні зображення звірів, зроблені пращурами, піктограми, що широко використовуються в сучасному світі як вказівники), – називаються **іконічними**.

Одним із вражаючих досягнень у галузі інформаційних технологій є створення комп'ютерних програм – перекладачів іноземних мов, в основі яких є **модель «зміст – текст»**. У процесі побудови такої моделі вихідними є такі ідеї: володіння мовою проявляється у здібності того, хто говорить, виразити потрібний зміст значення з допомогою відповідного тексту, а в того, хто слухає, – в умінні вибрати з тексту вміщений у ньому зміст; під час комп'ютерного перекладу з мови на мову зміст, закодований у вхідній мові, підлягає декодуванню і фіксації, а потім кодуванню у вихідній мові. У зв'язку з цим проблеми комп'ютерного перекладу і наукового описання мов, тобто побудови її моделі, співпадають.

Кажучи, що знак чи знакова конструкція, яка позначає дещо, розглядаються як моделі цього дещо, тобто стверджуючи, що знак – це модель, або зворотне справедливе не завжди.

Взірці, що формуються нашою свідомістю (чи формуються у нашій свідомості) – це ідеальні моделі, що не мають знакового втілення. У зв'язку з цим, згадаємо про такі властивості моделей, як **ізоморфізм і гомоморфізм**.

Ізоморфізм — це дуже загальне поняття, яке використовується в різних розділах математики. Тобто, якщо задані дві математичні структури одного виду (групи, кільця, модулі, поля, векторні простори), то взаємно-однозначне відображення (бієкція) елементів однієї математичної структури на іншу, що зберігатиме структуру, є ізоморфізмом.

Гомоморфізм – означає однозначну відповідність, але не взаємну. Наприклад, географічні чи топографічні карти визначеної місцевості, що відрізняються масштабом. На карті більшого масштабу є все, що є на карті малого масштабу, але на другій частина деталей, що є на першій, відсутня.

Інженерна діяльність, як це було визначено нами, пов'язана зі створенням і використанням за призначенням технічних об'єктів (технічних систем). Сучасні технічні системи – це людино-машинні системи. Тобто ці системи функціонують у визначеному середовищі, взаємодіють з ним і керуються людиною (безпосередньо чи через якийсь об'єкт), безперервно чи у визначені моменти. Тому, коли мова йде про моделі технічних систем (ТС), потрібно

розуміти відображення в них і керуючих впливів.

Ці впливи здійснюються як результат прийняття відповідного рішення. Тому в модель ТС визначеним чином може вбудовуватися модель вибору і модель прийняття рішень з керування цими впливами.

Докладніше. Моделюючи процес буріння свердловини, можна обмежитися описом того, як руйнується порода під час її взаємодії з породоруйнівним інструментом – долотом залежно від властивостей породи, геометрії долота, швидкості його обертання й осьового навантаження, створюваного буровою колоною. Можна одночасно моделювати і як пробурена порода виноситься на поверхню буровим розчином. Але автоматизовану систему керування буріння неможливо побудувати, не маючи опису впливу на цей процес дій буровика. А це значить, що потрібно побудувати модель прийняття буровиком рішень, зумовлених одержаною ним інформацією про процес буріння.

Отже, **моделлюю об'єкта можуть бути його образ у свідомості людини, текст, креслення, піктограма, макет, геометрично подібний об'єкт, що його описує, але зменшений чи збільшений, об'єкт іншої фізичної природи, схема, графік, таблиця, формула, система рівнянь, алгоритм та ін.**

Реальний об'єкт (система, процес) володіє значною кількістю властивостей, характеристик і тільки незначна частина з них відображається в моделі. У кресленні – топологія, у схемі – структура, у графіку – динаміка, у рейтинговій таблиці – переваги, що склалися в соціальному середовищі. У цьому змісті модель завжди простіша за моделюючий об'єкт (оригінал). Недаремно говорять: думка висловлена є неправдою. (Неправда в тому відношенні, що словами неможливо точно передати думки, почуття і т.п.).

Усі багатообразності моделей пропонується звести до трьох основних типів:

а) **матеріальні** (фізичні) моделі (це іграшки, ляльки, макети, топ-моделі);

б) **інформаційні, чи семіотичні** моделі – моделі, представлені з допомогою тієї чи іншої знакової системи (це і вербальні, і математичні моделі, і креслення, і схеми);

в) **уявні** моделі (образи, уявлення, що формуються свідомістю).

Окрім того, що модель і оригінал можуть мати різну фізичну природу, вони можуть не співпадати в часі. **Модель навіть може існувати раніше, ніж оригінал:** мета як образ продукту діяльності, тобто вихідна його модель, що йому передує [4].

Математичні моделі і математичне моделювання

Побудова формальних описів (моделей) об'єктів, явищ, процесів, що вивчаються різними науками, – це предмет логіки і математики. Логіка, відповідно до філософських визначень [7], це вчення про те, як правильно думати, і включає в себе вчення про поняття, визначення, судження, висновки, доведення.

Коли у нас є можливість вводити для визначення різних понять, виразів, зв'язків між ними (граматичних, синтаксичних, семантичних) символи, знаки і, керуючись встановленими логікою нормами, ми використовуємо (оперуємо) цими символами для формулювання описів об'єктів, їх поведінки і так далі, фактично переходимо на мову математики.

Опис об'єкта з допомогою математичної мови називають **математичною моделлю об'єкта**.

Універсальність і ефективність, зокрема об'єктивність, компактність, точність та ясність математичної мови зробили **математичне моделювання однією з основних технологій** наукової та інженерної діяльності.

Класифікувати математичні моделі можливо різними способами. Наприклад, за тими властивостями ТО (аспектами моделювання), які вони відображають. В цьому випадку розрізняють геометричні, топологічні, **динамічні, логічні** та тому подібні моделі.

Математичні моделі можуть бути символічними і чисельними. Під час використання символічних моделей оперують не значеннями вхідних, вихідних і внутрішніх параметрів ТО, а їх символічним позначеннями (ідентифікаторами). Чисельні моделі можуть бути аналітичними, тобто їх можна представити у вигляді формул, змінними в яких є визначені параметри і характеристики ТО, чи алгоритмічними, в яких зв'язок цих параметрів і характеристик виражено неявно у вигляді алгоритму моделювання. За характером використовуваного під час побудови моделі математичного апарата розрізняють моделі лінгвістичні, нечіткі, дискретні, стохастичні і т.п. Студентам в університеті необхідно вивчати математику в такому обсязі, в якому б вони:

1) **розуміли**, наскільки ефективна математична мова для об'єктивного і чіткого опису найрізноманітніших процесів і явищ, окремих об'єктів і складних систем;

2) **освоїли** логіку доведених міркувань;

3) **розуміли**, як складаються математичні моделі, як перевіряється їх адекватність, яка технологія цієї діяльності, навчитися застосовувати її до об'єктів, процесів, систем, що є складовою предметної галузі їх майбутньої професійної діяльності;

4) **навчилися** користуватися математичними моделями, працювали з ними, зокрема, розв'язували з використанням аналітичних і чисельних методів рівняння, якщо математична модель є рівнянням чи системою рівнянь, і аналізували розв'язок;

5) **уміли** правильно інтерпретувати результати математичного моделювання, адекватно перевели їх на мову своєї професійної діяльності.

Математична модель – це формальний об'єкт. Його дослідження, аналіз математичними засобами дає можливість за законами формальної логіки робити висновки, які трансформуються у твердження, що стосуються властивостей, характеристик, поведінки оригіналу.

Проте не всі явища, процеси, ситуації так легко формалізуються, як ті, що розглядалися на уроках математики. Знайти підхід до формалізації опису складних систем з істотним впливом людського чинника – це і сьогодні головна проблема їх наукового аналізу і проектування. Будь-якої теорії тут немає. Ймовірно, побудувати її сьогодні неможливо тому, що поки достовірно не встановлені фундаментальні закони природи, які керуються поведінкою вказаних систем.

Окрім того, існують практичні обмеження на складність об'єктів, що моделюються, пов'язані з тими інструментами, якими ми володіємо у сфері виявлення формальних наслідків із формальних описів ситуацій, процесів і явищ. Сукупність цих інструментів і є тим, що називають «математикою». Якими б не були розвиненими ці інструменти, існують процеси і системи настільки складні, зокрема, процеси життєдіяльності суспільства, що вони на даний момент не піддаються вивченню математичними методами.

Але це не означає, що ці об'єкти непізнані. Ідеологи нового напрямку в менеджменті, який називається «психоінжиніринг», пишуть, що ця інженерна технологія проектування, створення і керування колективною свідомістю базується на математичному моделюванні свідомості. Зокрема, дві моделі – індивідуальної свідомості і колективної свідомості – виникають як два окремих випадки проявлення абстрактної свідомості.

Моделювання має два чітко розрізнені завдання:

1) створення моделей (modeling);

2) встановлення властивостей систем на основі аналізу їх моделей (simulation).

Ось тут і виникають чисто математичні проблеми. Головні з них – висока розмірність і нелінійність. І те і інше суттєво ускладнює можливість відображення результатів дослідження моделі аналітичними виразами.

Щоб вирішити дані проблеми, здебільшого, потрібно шукати шляхи спрощення вихідної моделі, знаходити способи її дослідження доступними засобами без значних збитків для адекватності.

Одним із таких способів дослідження математичних моделей складних систем є комп'ютерне імітаційне моделювання.

Тому **математичне моделювання** включає поряд з побудовою математичної моделі **розроблення обчислювального алгоритму** його дослідження на комп'ютері (який визначається, наприклад, вибраним чисельним методом) і відповідною комп'ютерною програмою.

Нагадаємо, що в інжинірингу мета, яку потрібно досягти в процесі моделювання об'єкта, завжди пов'язана з **необхідністю приймати рішення**. Це може бути проектне рішення, що стосується структури, параметрів, конструкції об'єкта, умов і норм експлуатації, програми випробувань і т.п. Здебільшого, проектне рішення потрібно вибрати з декількох варіантів, тому за логікою розвитку математичного моде-

лювання модель об'єкта повинна доповнюватися моделлю прийняття рішення так, щоб обчислювальний алгоритм і програма дали можливість оцінювати можливі варіанти рішень за критеріями, що визначаються даною моделлю.

Таким чином, виявлено, що на етапі сталого розвитку суспільства, моделювання є однією з основних технологій інженерної діяльності і це положення необхідно враховувати при викладанні практично всіх інженерних дисциплін в університетах.

Література

1. Карпаш М. Вища Інженерна освіта в умовах сталого розвитку суспільства [Текст] / Карпаш М., Крижанівський Є., Карпаш О. // Вища освіта України: Теоретичний та науково-методичний часопис. – 2014. – № 2 (53). – С.55-60. – ISSN 2078-1015.
2. Карпаш М.О. Вища інженерна освіта фахівців нафтогазового комплексу в умовах сталого енергетичного розвитку [Текст] / Карпаш М.О. // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. – Вип. 3(52). – С.190-194. - ISSN 1993 – 9973.
3. Карпаш М.О. Трансформація інженерної діяльності в умовах сталого розвитку [Текст] / Карпаш М.О. // Нафтогазова енергетика. – 2014. – Вип. 2 (22). – С.105-109. – ISSN 1993 – 9868.
4. Карпаш О.М. Інженерна діяльність в умовах сталого розвитку: навчальний посібник / Карпаш О.М., Шейнбаум В.С., Карпаш М.О. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 285 с. – ISBN 978-966-694-210-7.
5. Мирзаджанзаде А.Х. Етюди о гуманизации образования. – Баку, 1993.
- 6 <http://ru.wikipedia.org/wiki/Семиотика>
7. Философский энциклопедический словарь. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 2003 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
03.09.15

Рекомендована до друку
професором **Мойшишиним В.М.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором **Петришиним І.С.**
(ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»,
м. Івано-Франківськ)