

УЗАГАЛЬНЕННЯ ПОДІБНИХ ЯВИЩ І ПРОЦЕСІВ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

С.В. Бевз

Моделювання, як відомо, є ефективним засобом розв'язку багатьох складних наукових і технічних задач і нерідко детермінує значне їх спрощення. До нього найчастіше вдаються у випадку, коли безпосереднє дослідження промислового об'єкта неможливе або недоцільне. Це простежується, зокрема, в літакобудівництві, де проведення експериментів над реальними об'єктами переважно надто дорогі, а іноді навіть ризиковані, — будівництво літаків вимагає попередніх різнопланових досліджень, серед яких важливу роль відіграють випробування моделей. Крім цього, дослідження деяких систем за допомогою моделей інколи є єдиним можливим способом експериментального їх вивчення; серед них — системи, процеси в яких тривають надміру довго, чи, навпаки, — надзвичайно короткочасні. В даному разі послуговуються моделлю-репрезентантом явища, подібного явищу оригінала. Привертає увагу те, що моделювання досить широко застосовується під час проектування нових об'єктів, при цьому модель виступає “прообразом” усіх подібних натурних об'єктів; нею ідентифікуються явища, подібні явищам у реально неіснуючому об'єкті, що дозволяє перевірити, удосконалити чи отримати корисні рекомендації щодо експлуатації ще не випробуваної на практиці конструкції.

Тип поставленої задачі і специфіка конкретного об'єкта моделювання зумовлюють вид моделі, необхідну точність розв'язку та метод реалізації. У цьому розумінні моделювання — глибоко індивідуальний процес [1]. Ми апіорно припускаємось цього твердження, яке, однак, не слід сприймати константно. Результатом далі викладених міркувань стало конструювання, на перший погляд, контрарної позиції, яка дозволяє генералізувати дослідні дані в області, обмеженій умовами подібності. Такий підхід конче потребує застосування теорії подібності, що сприяє значному спрощенню моделі і узагальненню результатів моделювання, дає можливість поширити наслідки окремого дослідження на подібні системи.

У більшості випадків моделювання ґрунтується на розгляді подібних явищ [2]. У цьому разі теорія подібності встановлює умови, яких потрібно дотримуватись, досліджуючи моделі і виділяє характерні і зручні параметри, які визначають основні ефекти і режими процесів. Важливо відзначити можливість субституції вивчення натурального явища дослідженням йому подібного, що видається більш зручним і вигідним. У

цьому випадку завдяки теорії подібності забезпечується взаємозв'язок між параметрами моделі та оригіналу.

Безсумнівно, однією з переваг методів теорії подібності є можливість об'єднання подібних явищ до окремих номінацій за певними ознаками. Звісна річ, кожному явищу з таких угруповань притаманні загалом однакові іманентні властивості та характеристики (за винятком умов однозначності [3], які вирізняють явище із всієї групи йому подібних). Умови однозначності цих явищ подібні і відрізняються лише масштабами. Кожна група подібних явищ за другою теоремою подібності (π -теоремою) описується безрозмірним критеріальним рівнянням окремого виду, експлікація якого дозволяє виявити парадигму фізичних особливостей подібних явищ, розкрити внутрішні тенденції розвитку процесу.

Саме введення відносних одиниць у теорію подібності дозволяє зробити рівняння зв'язку між фізичними величинами загальним для всієї групи подібних явищ. Приведення рівняння до безрозмірного виду виконується почленим діленням рівняння на будь-який з його членів. Загалом, вибір дільника довільний, проте найбільш інформативні безрозмірні змінні (критерії подібності) отримуються у випадку ділення кожного з членів рівняння на показник ефективності. Таке перетворення стало можливим завдяки використанню правила Фур'є [3, 4], згідно з яким всі члени рівняння, що описує будь-яке фізичне явище і подане у вигляді суми однорідних функцій в абсолютній системі одиниць, повинні мати однакову розмірність. Таким чином, при переході від абсолютних характеристик до відносних отримуємо рівняння, репрезентоване залежністю між безрозмірними параметрами — критеріями подібності.

Критерії подібності не є самостійними факторами, оскільки вони об'єднують низку постійних і змінних параметрів, які визначають властивості процесу. Таке угруповання параметрів вносить важливі переваги [4]. Передусім — це зменшення кількості змінних і значне спрощення зв'язків між ними, що помітно полегшує обробку аналітичних та експериментальних досліджень. Крім цього, критерії подібності акумулюють сукупність факторів-складників характеристики процесу, їх внутрішні зв'язки і впливи, які можуть самоскомпенсовуватись і видозмінюватись у межах одного комплексу. І, нарешті, як ми переконались, існує безліч шляхів отримання узагальнених критеріїв подібності, що відкриває широкі перспективи перед дослідником і дозволяє визначити парадигму різних випадків, об'єднаних загальними властивостями.

Загалом, π -теорема встановлює зв'язок між функцією, яка виражена через розмірні параметри, і функцією безрозмірної форми [4]. Між тим, можна знайти критеріальне співвідношення, навіть не маючи

математичного опису процесу у вигляді рівняння, керуючись лише інформацією про величини, які беруть участь у процесі, і їх розмірності. Однак, слід зазначити, що успішність застосування \mathcal{L} -теореми чималою мірою визначається правильністю відбору величин, які чинять істотний вплив на процес [3]. Неврахування величини, яку можна вважати суттєвою для процесу, при його аналізі вносить значну похибку до результатів розрахунку, так що знайдені критерії подібності не будуть відповідати дійсності. У протилежному випадку врахування зайвих величин веде до збільшення кількості критеріїв подібності, ускладнення розв'язку і деякого спотворення результату.

Отже, при правильному відборі величин \mathcal{L} -теорема дозволяє знайти визначаючі критерії подібності, які складаються з величин, заданих умовами однозначності. Необхідною умовою подібності явищ, згідно з першою теоремою подібності, є незмінність таких критеріїв. Сталість решти критеріїв подібності можна розглядати як наслідок подібності явищ. Як уже частково відзначалось, другою необхідною умовою подібності є подібність умов однозначності. Третя теорема констатує подібність при виконанні цих умов [4].

Таким чином, можна стверджувати, що суть подібного моделювання полягає в переході від часткових залежностей до узагальнених. Таке перетворення дозволяє зіставляти, синтезувати результати досліджень, поширювати їх на низку подібних випадків. Це перетворення обумовлене тим, що кореляція основних фізичних ефектів, які визначають розвиток явища, для групи подібних явищ однакова, а всі їх кількісні ознаки, виражені у відносній формі, тотожні.

Слід зауважити, що перехід до нових безрозмірних величин докорінно змінює характер дослідження: відмовляючись від початкових величин, дослідник по-новому інтерпретує конкретне явище, розглядаючи його з позиції генералізації змінних, втрачаючи при цьому можливість фіксувати численні особливості конкретного процесу. На перший погляд, узагальнені змінні являють собою досить прості вирази. Проте ця простота лише зовнішня. Адже в принцип їх побудови вкладена глибока і важлива ідея, яка полягає в тому, що в угрупованні величин, які утворюють узагальнені змінні, повинна бути відображена фізична модель процесу. Як зазначає В.Л. Лоссієвський [3], до критеріїв подібності входять величини, які характеризують оригінал і модель. Перші є заданими, інші в ході дослідження можуть змінюватися, але лише так, щоб не порушити рівності критеріїв подібності оригінала і моделі.

Підсумовуючи вищесказане, можна сподіватись, що знайдено раціональну форму вираження кількісних закономірностей застосування яких при моделюванні технічних об'єктів дозволяє скористатися деякими перевагами, а саме:

— досягається зменшення кількості змінних моделі, оскільки вони групуються у вигляді критеріїв;

— нові змінні можна використовувати для оцінки явищ, оскільки вони репрезентовані кореляцією початкових змінних — зіставленням двох фізичних ефектів досліджуваного процесу;

— критеріям π відповідає ціла множина комбінацій початкових змінних, тобто досліджується не один частковий випадок, а проводиться генералізація кількох;

— сукупність початкових змінних у складі критеріїв забезпечує вплив факторів не окремо, а комплексно, що допомагає відтворити адекватну цілісну картину модельованого процесу;

— належність процесу до певної номінації подібних явищ значно розширює коло прагматичних застосувань результатів досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

Основы моделирования сложных систем / Под ред. И. В. Кузьмина. — К.: Вища школа, 1981. — 360 с.

Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. — М.: Наука, 1977. — 440 с.

Лоссиевский В.Л. Применение теории подобия и динамических аналогий к задачам моделирования объектов и процессов регулирования. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1951. — 152с.

Веников В.А. Теория подобия и моделирования. — М.: Высшая школа, 1976. — 480 с.