

УДК 631.356.4

А.О. Железна, доц.
Житомирський інженерно-технологічний інститут
Л.В. Лось, д.т.н., проф.
Державний агроекологічний університет України

АКСІОМАТИЧНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ТЕОРІЇ СТРУКТУРИ КОНСТРУКЦІЙ

В роботі дано обґрунтування необхідності створення теорії структури конструкцій як одного із законів конструювання та засобу підвищення якості конструювання, зокрема, складально- та ремонтпридатності. Представлена прийнята система аксіом теорії.

Ця робота пропонує шляхи вирішення проблеми підвищення продуктивності праці з позицій оптимізації конструкцій. Оскільки дана проблема є багатоваріантною по суті та способами вирішення, в роботі пропонується розглядати питання оцінювання конструкторської досконалості машин та приладів на ранніх стадіях конструювання (ТЕО, ТЗ, робочі креслення ТП або ТРП).

В машинобудуванні та приладобудуванні накопичений значний досвід інтелектуального конструювання. Однак це, на жаль, не виключає появи недосконалих конструкцій машин та приладів, які, не будучи відрацьованими на ранніх стадіях конструювання, зводять до нуля результати передових технологій. На цих етапах технологічності конструкцій машин та приладів не приділяється належної уваги, а відсутність загальної теорії їхньої структури, кількісних критеріїв, що дозволяли б апріорно визначати технологічність та інші характеристики структури майбутніх виробів, перешкоджає вирішенню значної кількості задач покращення досконалості конструкцій, скорочення термінів їхньої розробки та доведення.

Аналіз процесів зростання експлуатаційних, технологічних та інших показників машин та приладів свідчить, що за останнє десятиріччя успіхи електронної та обчислювальної техніки в частині конструкцій незміряно вищі, ніж в загальному машино- та приладобудуванні.

Рядом з іншими причинами це свідчить про недоліки в розробці теорії конструювання. Теоретичні дослідження в конструюванні носять фрагментарний характер і замикаються в рамках конкретних видів виробів.

Публікації з викладенням основних законів конструювання, на базі яких можливий розвиток частинних теорій з конструювання в різних галузях техніки, малочисельні [5], що виключає можливість використання широких чисельних результатів досліджень.

Відставання досліджень з формалізації основ конструювання машин значною мірою визначило недостатній рівень їхньої технологічності, уніфікації, складально- та ремонтпридатності.

Створення автоматизованих систем проектування для реалізації рутинних процесів конструювання та проектування не знижує актуальності досліджень та формалізації конструкцій, за визначенням об'єктивних оцінок критеріїв конструкцій, тому що значна частина робіт, пов'язана з інженерною творчістю, в даний час не може бути переведена на машинне конструювання [5].

Часто багаточисельні вимоги до побудови конструкцій суперечні. Упорядкувати їх доцільно теорією структури конструкцій, тобто отриманням виведеного знання про конструювання. Результативним шляхом знаходження правил конструювання та кількісних критеріїв можуть слугувати логіко-математичні дослідження конструкцій та процесів їх створення [4].

Методи оцінки конструкцій, які існують, не можуть дати достовірних результатів саме на ранніх стадіях розробки, тому що, наприклад, всі 13 встановлених в [6] основних і додаткових показників технологічності визначаються відносно базового виробу або базових показників. Використання в показниках значень трудомісткості та собівартості знижує достовірність оцінки, тому що залежить від типу виробництва та рівня технології конкретного підприємства – виробника.

Не відкидаючи важливості зниження трудомісткості виготовлення та собівартості продукції, слід відмітити, що ці показники є апостеріорними величинами, тому що можуть бути визначені після кінцевого конструювання, розробки технології та засвоєння на виробництві, коли виправлення недоліків технологічності потребують значних витрат часу та грошей.

Дослідження, представлені в даній роботі, присвячені технологічності складально- та ремонтпридатності при використанні уніфікації розроблюваних виробів, отриманню таких кількісних критеріїв, при врахуванні яких в конструкціях утворювались би умови максимальної технологічності структури. Це, в свою чергу, підвищило б якість конструювання та скоротило б терміни створення нових досконалих конструкцій.

В умовах теперішнього стану виробництва підвищення технологічності складально- та ремонтпридатності є актуальною задачею. Для успішного її вирішення потрібно об'єднати ряд додатних, але розрізнених результатів, отриманих в практиці конструювання, поставити їх на теоретичні підвалини. Виходячи з розвитку інших науково-теоретичних основ, теорія структури конструкцій повинна базуватися на ряді визначених закономірностей. Основною метою даної роботи є створення несуперечної аксіоматичної теорії складально- та ремонтпридатності конструкцій за структурою з виведенням кількісних критеріїв, за допомогою яких можна було б апріорно оцінювати відповідність структури машин заданому рівню складально- та ремонтпридатності.

Теоретичним відображенням логічної завершеності наукової теорії є формалізація, яка складає структуру теорії: принципи, судження, поняття, аксіоми, теореми, наслідки, закони, інші елементи. Основна мета формалізації – доповнення та уточнення знань.

Використання аксіоматичного методу забезпечує строгість побудови теорії, обмежує вільні визначення наукових тверджень. Аксіоматичний метод передбачає логічне виведення положень теорії із визначеної системи аксіом. Крім того, аксіоматизація теорії свідчить про усталеність знань у відповідній галузі науки.

Прийнята система аксіом має задовольняти вимогам несуперечності, повноти та незалежності. Відносно аксіом несуперечність означає неможливість отримання із них умовиводів, що суперечать одне одному.

Система аксіом буде вважатися повною, якщо забезпечуватиме виведення усіх формул теорії.

Аксіома вважається незалежною від інших систем тоді і лише тоді, коли вона не виводиться із інших аксіом даної теорії. Аксіома незалежна від визначень теорії, якщо вона ними не визначається [1].

У відповідності до викладеного під аксіомами потрібно розуміти вихідні твердження, істинність яких в межах конкретної теорії очевидна. В змістовних теоріях, побудованих за дедуктивним принципом, із аксіом шляхом доказів та виведень виключно або переважно логічними засобами імплікується весь інший склад теорії.

З метою відповідності системи аксіом і пропонованої теорії структури конструкцій машин і приладів до викладених вище вимог для їхньої формалізації використані обчислення предикатів I-го порядку та обчислення висловлень, яке входить в обчислення предикатів. Такий вибір доречний за таких причин: аксіоми обчислень предикатів I-го порядку задовольняють вимогам несуперечності, повноти та незалежності.

Використовуючи моделі цих аксіом в змістовній теорії та вкладаючи в них зміст конструювання, вказані властивості ми переводимо в прикладну теорію, тобто отримуємо несуперечну, повну та незалежну систему аксіом.

Змістовні теорії характерні наявністю власних аксіом, які враховують специфіку конкретної теорії та не претендують на загальнозначимість формул [1, 2, 3].

Перші три аксіоми формально записані алфавітом обчислення предикатів першого порядку. Наступні, починаючи з A_4 , є інтерпретацією аксіом класичного обчислення висловлень, тому проводяться у варіантному виконанні.

Ствердження про наявність відношень в конструкціях потрібно розуміти з врахуванням конкретних параметрів їхнього порівняння. Щодо конструкцій, параметрами є задані характеристики виробів, які визначають конкретні функції виробу (в апараті математичної логіки, який використовується, цей термін слугує для назви перемінних, які мають вільне входження до формул).

1.1. *Аксиома А1.* Будь-яка конструкція машини або приладу визначається своїми елементами та структурою.

Формалізований запис:

$$\forall K (K_m \leftrightarrow ((K_1 \wedge K_2 \wedge \dots \wedge K_n) \wedge F(K_1, K_2, \dots, K_n))), \quad (1.1)$$

де K – будь-яка конструкція (за додаванням індекса – конкретна конструкція);

K (з індексом) – конструкція, що є елементом конструкції K_m ;

F – функціональний взаємозв'язок елементів в структурі конструкції K_m .

1.2. *Аксиома А2.* Всі конструкції є адитивними композиціями.

Формалізований запис:

$$\forall K (K_m = (K_1 + K_2 + \dots + K_n)). \quad (1.2)$$

Позначення див. 1.1.

1.3. *Аксиома А3.* В будь-якій композиції існує відношення порядку.

Формалізований запис:

$$\forall K (< K_1 + K_2 + \dots + K_n > = K_m \neq K_1 + K_2 + \dots + K_n + K_{n-1}). \quad (1.3)$$

Позначення див. 1.1.

Зміст відношення строгого та нестроого порядку аналогічний до прийнятого в математиці.

1.4. *Аксиома А4.* Формалізований запис:

$$K_a \Rightarrow (K_s \Rightarrow K_a), \quad (1.4)$$

де K_a , K_s – будь-які конкретні конструкції.

Варіанти змістових інтерпретацій запису А4:

1.4.1. Якщо конструкція прийнята за вихідну і з неї отримана інша конструкція, то з отриманої конструкції можна повернутися до вихідної.

1.4.2. Будь-яка конструкція має попередника або аналог.

1.5. *Аксиома А5.* В конструкціях має місце відношення транзитивності.

Формалізований запис:

$$(K_a \Rightarrow (K_s \Rightarrow K_c)) \Rightarrow ((K_a \Rightarrow K_s) \Rightarrow (K_a \Rightarrow K_c)) \quad (1.5)$$

де K_a , K_s – див. 1.4.;

K_c – будь-яка конкретна конструкція.

1.6. *Аксиома А6.* Формалізований запис:

$$K_a \Rightarrow (K_s \Rightarrow (K_a \wedge K_s)). \quad (1.6)$$

Варіанти змістових інтерпретацій запису 1.6:

1.6.1. Якщо конструкції істинно імпліковані, вони попадають в один клас за параметрами істинності.

1.6.2. Якщо одна конструкція отримана з іншої конструкції, то вони тотожні за рівними параметрами.

Позначення див. 1.4.

1.7. *Аксиома А7.* Формалізований запис:

$$((K_a \wedge K_s) \Rightarrow K_a); \quad ((K_a \wedge K_s) \Rightarrow K_s). \quad (1.7)$$

Варіанти змістової інтерпретації формули:

1.7.1. Якщо конструкції еквівалентні, можна використовувати будь-яку з них за еквівалентними параметрами.

1.7.2. Відповідність конструкцій дозволяє використання будь-якої з них за параметрами відповідності.

1.8. *Аксиома А8.* Формалізований запис:

$$(K_a \Rightarrow (K_a \vee K_b)); \quad (K_b \Rightarrow (K_a \vee K_b)). \quad (1.8)$$

Варіанти змістової інтерпретації запису:

1.8.1. З одної конструкції можна імплікувати більше одної конструкції.

1.8.2. Будь-яка конструкція може бути доповнена.

1.9. *Аксиома А9.* Якщо конструкція утворена з інших, кожної окремо, то так само вона утвориться з їхньої логічної суми.

Формалізований запис:

$$(K_a \Rightarrow K_c) \Rightarrow ((K_b \Rightarrow K_c) \Rightarrow (K_a \vee K_b) \Rightarrow K_c) \quad (1.9)$$

1.10. *Аксиома А10.* Якщо конструкція виключається внаслідок невідповідності будь-якого параметра (параметрів), то виключенню підлягає і та конструкція, з якої вона утворена, і що також має цю відповідність.

Формалізований запис:

$$(K_a \Rightarrow K_b) \Rightarrow ((K_a \Rightarrow \neg K_b) \Rightarrow \neg K_a). \quad (1.10)$$

1.11. *Аксиома А11.* Формалізований запис:

$$K_a \Rightarrow (\neg K_a \Rightarrow K_a). \quad (1.11)$$

Приклади змістових інтерпретацій запису:

1.11.1. Нова конструкція може мати вдосконалення.

1.11.2. Можлива заміна будь-якої конструкції на більш досконалу.

1.12. *Аксиома А12.* Формалізований запис:

$$\neg \neg K_a \Rightarrow K_a. \quad (1.12)$$

Змістовні інтерпретації формули:

1.12.1. Виключення причини виключення конструкції є введення цієї конструкції.

1.12.2. Усунення причини невідповідності до заданого параметра після її виявлення є обумовленням отримання відповідності конструкції до вказаного параметра.

Правила доказу запозичаються з обчислення предикатів I-го порядку з використанням модуса поненса (схеми заключення) та правила підстановлення [1, 2, 3].

МП (модус поненс) згідно з семантикою конструювання можна описати так: з відомої прийнятної конструкції K_a та істинності алгоритму (правила, методу) отримання нових конструкцій $K_a \Rightarrow K_b$ впливає нова прийнятна конструкція K_b .

У формальному записі:

$$МП \frac{K_a \quad K_a \Rightarrow K_b}{K_b}. \quad (1.12.2)$$

Висновки:

- аксіоми використані для розробки аксіоматичної теорії структури конструкцій, тому що дедуктивний підхід забезпечує строгість побудови, логічне виведення значимих положень теорії з аксіом;
- логічні аксіоми взяті з обчислень предикатів I-го порядку та введені в змістовну теорію у вигляді інтерпретацій. Запозичення аксіом як цілої системи вирішує проблему відповідності їхніх інтерпретацій до вимог непротиріччя, повноти та незалежності, що створює для теорії надійну логіко-математичну базу. До логічних аксіом додані власні, які враховують специфіку даної змістовної теорії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гильберт Д., Бернайс П. Основания математики. Теория доказательств: Пер. с нем. – М.: Наука, 1982. – 652 с.

2. Гильберт Д., Бернайс П. Логические исчисления и формализация арифметики : Пер. с нем. – М.: Наука, 1979. – 520 с.
3. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. – М.: Энергия, 1980. – 344 с.
4. Деминг Э. Философско-логические проблемы построения теорий // В кн.: Эксперимент, модель, теория: Пер. с нем. – М. – Берлин: Наука, 1982. – С. 252–265.
5. Лось Л.В. Теория структуры конструкций технологичных машин и приборов. – Житомир: Житом. сельскохоз. ин-т, 1991. – 167 с.
6. Технологичность конструкций изделий: Справочник / Т.К. Алферова, Ю.Д. Амиров, П.Н. Волков и др.; Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

ЖЕЛЄЗНА Алла Олексіївна – доцент кафедри автоматизації та комп'ютеризованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- конструювання вузлів і деталей машин;
- метрологія та метрологічне забезпечення;
- теоретичні питання техноекології.

ЛОСЬ Леонід Васильович – заслужений працівник науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін Державного агроекологічного університету України.

Наукові інтереси:

- теорія структури конструкцій технологічних машин і приладів;
- конструювання вузлів і деталей машин;
- теоретичні питання техноекології.

Подано 23.01.2003