

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM  
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"  
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTION OF MACHINES"  
25-28.04. ZAKOPANE

Zdzisław JASKÓŁA  
Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych  
Politechnika Śląska

#### RACJONALNE PODSTAWY MODELOWANIA W TWÓRCZOŚCI TECHNICZNEJ

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania wyników badań ogólnej teorii systemów i konstrukcji w twórczej działalności projektanta i konstruktora.

#### 1. Twórczość techniczna

We współczesnym rozumieniu twórczość ma bardzo szerokie znaczenia. Odnosi się ją nie tylko do artystów, ale także do ludzi nauki oraz inżynierów i techników [13].

Twórczość techniczna - „to dziedzina inżynierskiego działania, którego wynikiem jest celowo obmyślony układ własności i właściwości środków technicznych społecznie uznanych za nowe i odpowiadające aktualnym lub potencjalnym potrzebom” (J. Dietrych).

Twórcze działania techniczne są ukierunkowane przez przyczynę sprawczą: - potrzebę i przez przyczynę celową, - układ materialny, za pomocą którego chcemy zaspokoić potrzebę. Aby osiągnąć ten cel, są podejmowane takie działania twórcze, jak projektowanie i konstruowanie.

Twórczość techniczna odnoszona do zakresu działań projektowo-konstrukcyjnych jest oparta zarówno na czynnikach irracjonalnych (talent, intuicja, przypadek), jak i na racjonalnych.

Zainteresowania racjonalnymi podstawami procesu projektowo-konstrukcyjnego mają już swoją historię [4]. Obecnie racjonalnych podstaw do twórczej działalności projektowo-konstrukcyjnej szuka się bądź w osiągnięciach heurystyki, bądź w związkach twórczości z nauką [5]. Co więcej, zauważono również, że stan naszej wewnętrznej aktywności innowacyjnej jest także uwarunkowany określonym stanem rozwoju nauki.

Racjonalne podstawy twórczej działalności naukowej i technicznej przede wszystkim są oparte na myśleniu.

Wstępny zaś warunkiem myślenia jest utworzenie wewnętrznych reprezentacji aktualnych lub potencjalnych zdarzeń zewnętrznych. Kiedy pojawiają się wewnętrzne reprezentacje tego, co zewnętrzne w stosunku do osoby, procesy myślowe uniezależniają się od otoczenia [7].

Myślenie polega nie tylko na przetwarzaniu informacji, lecz także na wywoływniu nowych informacji. Dlatego myślenie wymaga zdolności do umysłowego symulowania całego scenariusza danej sytuacji problemowej, stawiania hipotez dotyczących nowych możliwości oraz rozumowania.

E. Franus [3] rozważając specyficzne cechy myślenia związanego z twórczą działalnością techniczną wskazuje na jego charakter pojęciowo-wyobrażeniowy. Uważa mianowicie, że myślenie w ogólności jest wyłącznie słowno-pojęciowe i z tego względu składnik pojęciowy jest wiodący, zaś składnik wyobrażeniowy jest pierwszemu podporządkowany. Ponieważ równocześnie nie bardziej oczywistego, niż to, że do sformułowania teorii naukowej potrzebne są także pojęcia, można dojść do wniosku, że racjonalne podstawy zarówno w twórczości technicznej, jak i naukowej tworzą te pojęcia, które czynią zadość kryteriom naukowości.

W działalności projektowo-konstrukcyjnej myślenie jest ukierunkowane na obmyślenie czegoś, co aktualnie nie istnieje. Dlatego pojęcia, na których opiera się to myślenie, nie mogą należeć wyłącznie do kategorii pojęć opisowo-poznawczych właściwych dla nauki. Potrzebne są także pojęcia, dzięki którym następowaloby przekształcanie sekwencji zdarzeń twórczych zgodnie z istotą procesu projektowo-konstrukcyjnego, a równocześnie określały rozwiązanie problemu.

## 2. Pojęcia ogólnej teorii systemów i konstrukcji

Pojęcia należą do kategorii tzw. abstraktów. Jeśli jednak różnicą będziemy pojęcia "konkretne" (obserwacyjne) i pojęcia "abstrakcyjne" (teoretyczne), to przede wszystkim dlatego, że współczesna nauka posługuje się także pojęciami, które nie wynikają z bezpośredniej obserwacji rzeczy i zjawisk, jak i też nie są określone przez podanie bezpośredniego lub pośredniego sposobu pomiaru. Powstały natomiast na podstawie badań teoretycznych. Racje, które zaś przemawiają za wprowadzeniem do nauki pojęć, które ani bezpośrednio ani pośrednio nie są związane z doświadczeniem i pomiarem, wynikają głównie z ich dalekosiężnych implikacji zarówno teoretycznych, jak i praktycznych.

Pojęcia abstrakcyjne znaczą tyle, ile znaczy sama abstrakcja. Wprowadzone do nauki między innymi za pomocą definiowania przez abstrakcję [8] nabrały swojego naukowego i praktycznego znaczenia głównie dzięki nadaniu im ścisłości formalnej, a także dzięki wykazaniu ich skuteczności operacyjnej zwłaszcza przy formułowaniu teorii naukowej szeroko pojętej i organizowaniu strategii badań.

Stosowane przez ogólną teorię systemów [6] i ogólną teorię konstrukcji pojęcia nawiązują przede wszystkim do ontologicznych podstaw badanej przez nas rzeczywistości. Stanowią wynik poszukiwań zmierzających do ujęć globalnych, holistycznych i teleologicznych. Badaniom, które koncentrują się wokół poszczególnych

nych zjawisk, przeciwstawia się obecnie badania wszechogarniające, jako uzupełnienie pierwszych.

Do podstawowych kategorii ontologicznych należą: rzeczy i zdarzenia (stany i zmiany) własności rzeczy (jakość, ilość), relacja, rozmieszczenie (miejsce, położenie) i przyczynowość (sprawca i celowa). Do tych kategorii nawiązują współczesne pojęcia ogólnej teorii systemów i konstrukcji. Świadczy o tym znaczna część współczesnej literatury naukowej. Na przykład G.M.Weinberg w publikacji "myślenie systemowe" [14] rozważa logiczno-formalne podstawy rzeczy, ich granic czy stanów. Pojęcie zaś relacji stało się podstawą określenia systemu [6].

Uzyskane dotąd wyniki badań można usystematyzować w sposób następujący [13][5]:

Przed wszystkim zagadnienie techniczne określają i wskazują na jego rozwiązanie dwa podstawowe pojęcia: system i konstrukcja. System jest relacją (sprzężeń i przekształceń), konstrukcja natomiast jest własnością. Wyznaczają ją cechy konstrukcyjne, które stanowią parę uporządkowaną "postać i wielkość". Są to klasy abstrakcji definiowane: postać ze względu na relację podobieństwa, wielkość - ze względu na relację przystawania. Pełne pogłębienie cech definicyjnych wyróżnionych pojęć wymaga zachowania kolejności rozważań obejmujących pojęcia: zbioru teoriomnogościowego, relacji teoriomnogościowej, układu, struktury [5].

### 3. Model - modelowanie

Przez słowo model rozumie się bardzo różnorodne rzeczy. W literaturze naukowej można znaleźć wiele różniących się między sobą definicji modelu [23][14].

Dla badań jest użyteczne, aby pojęcie modelu rozważać jednak w jego szerszym i węższym znaczeniu. Uczynimy w ten sposób zadość różnym poglądom wyrażanym w literaturze specjalistycznej.

W węższym znaczeniu przez model rozumie się taki dający się pomyśleć lub materialnie zrealizowany układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie. Chodzi więc najpierw o obiekt materialny, który jest podobny do oryginału i umożliwia rozpoznanie najważniejszych charakterystyk lub parametrów działania.

W szerszym natomiast znaczeniu pojęcie "model" oznacza wszystkie przypadki izomorfizmu zachodzącego między różnymi układami, różnymi rzeczami. Dlatego, niektórzy po prostu pojmują model jako trójelementową relację:

$$R_M ( P, M, O )$$

gdzie: P - jest podmiotem, M - modelem, O - obiektem (oryginałem) [14].

W tym określeniu zawiera się już nie tylko to, że model jest środkiem poznania, ale także to, że jest specyficzną formą poznania przedmiotu. Model pojęty jako relacja modelowa nie jest więc aproksymacją obiektów. Za pomocą modelu natomiast wyraża się to, co jest lub ma być podobne czy analogiczne w zbiorze obiektów.



Modele opracowywane w ramach ogólnej teorii systemów są synonimami formalizmu lub rachunku tych, w których wyrażona zostaje logiczna, abstrakcyjna lub matematyczna struktura problemu badawczego.

Współczesne modele teoriomnogościowe stanowią o możliwości rozszerzenia naszego poznania poza zakres modeli fizycznych. Ich szczególne znaczenie w teorii projektowania i konstruowania polega na tym, że umożliwiają prowadzenie badań na podstawie pojęcia relacji. Dzięki temu pojęciu stało się możliwe uściślenie takich pojęć, jak postać, porządek, spójność, pozwalających tworzyć teorię o dalekosiężnych implikacjach.

Formalnie (abstrakcyjnie) pojęty np. układ jest relacją spójną. Znaczenie teorii spójności w odniesieniu do zastosowań w praktyce projektowo-konstrukcyjnej trudno jest przecenić. Jedną bowiem z przyczyn spotykanym błędów projektowo-konstrukcyjnych jest brak spójności między elementami proponowanych rozwiązań.

Formalnie (abstrakcyjnie) zaś pojęty system ma ustalone elementy wyjściowe oraz wejściowe, jak również ustaloną relację sprzężeń i przekształceń, dzięki czemu jest możliwe w drodze syntezy lub analizy (podziałowi progresywnemu) tworzenie różnych złożoności.

Z kolei modele topologiczne pozwalają na uściśloną przedstawienie różnych takich koncepcji pojęciowych, jak miejsce, położenie, porządek czy też spójność. Wszystkie te problemy mają głównie aspekt jakościowy i są także zaliczane do podstawowych problemów projektowania i konstruowania. W tym procesie badanie jakościowe zawsze bowiem wyprzedza badanie ilościowe.

#### 4. Modelowanie na podstawie podobieństwa i analogii

Szczególną rolę w rozwoju nauki odegrały dwa pojęcia: podobieństwo i analogia. Pojęcia te stanowią dzisiaj kluczowe zagadnienie całej współczesnej nauki, w tym także ogólnej teorii systemów i teorii konstrukcji.

W teorii rozróżnia się: podobieństwo geometryczne i podobieństwo fizyczne [12].

Podobieństwo geometryczne nie jest koniecznym i w żadnym przypadku nie jest dostatecznym warunkiem podobieństwa zjawisk, a nawet często jest warunkiem wykluczającym to podobieństwo. Już zresztą Galileusz wskazał po raz pierwszy na to, że podobieństwo geometryczne, prosta zmiana proporcji wymiarów często wyklucza uzyskanie przedmiotu podobnego do oryginału pod względem jego działania czy budowy.

Uogólnienie podobieństwa geometrycznego, jako najwcześniejszego, na inne rodzaje podobieństw było pierwszym owocnym krokiem wiodącym do opracowania koncepcji tzw. "systemu ogólnego" [6]. Podobieństwo oparte na równaniach algebraicznych oraz różniczkowych stało się podstawą koncepcji "systemu ogólnego", rozważanej w kategoriach matematycznych. Dalszym krokiem w rozwoju tej koncepcji było opracowanie analogii fizycznej jako uogólnienia podobieństwa systemów.

Świadome poszukiwanie podobieństwa między dwoma przedmiotami, zbiorami czy klasami w celu przeniesienia informacji z jednego na drugi jest pojmowane często za analogię w znaczeniu metody. Analogia uważana za metodę naturalną, stosowaną nieświadomie zarówno przez

ludzi pierwotnych, jak i wykształconych, stała się ważnym narzędziem działań twórczych. Wymaga ona jednak od nas pewnej umiejętności odkrywania tego, co jest wspólne oraz przechodzenia na tej podstawie od jednej rzeczy do drugiej, od jednego zdarzenia do drugiego.

Sam termin analogia (wzięty z języka greckiego) oznacza w pewnej mierze zachodzące stosunki i proporcje w rzeczach.

Pojęciem tym posługiwał się już Arystoteles, określając nim stosunki, proporcje matematyczne i metafizyczne.

Pojęcie analogii wiąże się nierozzerwalnie z funkcją orzekania naszego rozumu o rzeczach. Jeśli różne rzeczy łączą się ze sobą w pewnych treściach, wówczas tym wspólnym mianem jest analogia. W analogii następuje powiązanie różnych przedmiotów poprzez jakieś relacje. Stąd używając nazwy "analogia" będziemy to czynić na oznaczenie jakichkolwiek relatywnych powiązań między jakimikolwiek przedmiotami naszego poznania.

Analogię pojmuje się w nauce dwojako. Po pierwsze, jako pewien sposób naszego ujmowania dwóch rzeczy na raz, a więc jako pewien sposób naszego myślenia o dwu przedmiotach na raz oraz jako relację charakteryzującą nasz poznawczy kontakt z nimi. Można zatem mówić o analogii jako o zasadzie poznania oraz jako o metodzie heurystycznej.

Analogię tak, jak od początku pojmowano, dzielono na analogię atrybucji (analogia pojęciowa) i analogię proporcjonalności.

Analogia atrybucji oznacza, że analogaty posiadają wspólną nazwę, natomiast treść przez nią oznaczona formalnie i właściwie przysługuje tylko jednemu z nich, innym zaś tylko na skutek zewnętrznego przydziału (zdrowy człowiek - zdrowe jedzenie).

Analogia proporcjonalności jest tą, którą najczęściej posługujemy się na terenie nauki, zwłaszcza gdy chodzi o analogię proporcji właściwych. Pojęciami operacyjnymi są tutaj: relacja podobieństwa oraz proporcjonalność.

Metoda analogii jako metodą pozyskiwania wiedzy wiąże się na pewnych spostrzeżeniach co do organizacji myślenia i zapamiętywania. Z tym związane hipotezy są już wykorzystywane przy projektowaniu tzw. systemów doradczych.

Analogia jest także metodą heurystyczną. Stosowana w twórczości technicznej służy do wspomagania działań zmierzających do rozwiązania problemu badawczego. Chodzi o te problemy badawcze, gdzie zastosowanie klasycznych algorytmów nie daje oczekiwanych rezultatów.

## 5. Algorytmy

Metodologia badań naukowych zawiera wiele opisów, które mówią o tym, co należy robić w celu rozwiązania problemu. Ich wartość metodologiczna polega na tym, że wszystkie te opisy przedstawiają modelową makrostrukturę postępowania badawczego, które zmierza od sformułowania problemu zawartego w bliżej nie określonej sytuacji, do jego rozwiązania. To postępowanie badawcze bardzo często przedstawia się pod postacią algorytmu.

W cybernetyce "algorytmem" nazywa się zbiór reguł i ograniczeń, które określają kolejność występowania różnych operacji i które wskazują, kiedy i jaką operację należy wykonać i kiedy proces powinien być zakończony.

Intuicyjnie algorytm jest utożsamiany ze znaczeniem takich słów, jak: metoda, sposób, recepta, przepis, program. Jednakże aby przepis, metoda itp. stały się algorytmem, to powinny być spełnione następujące warunki: Przede wszystkim powinien być spełniony warunek dostatecznej szczególności i pełnej jednoznaczności. Chodzi o to, aby bez względu na to, kto posługuje się algorytmem, wynikiem postępowania badawczego był oczekiwany rezultat.

W ostatnich latach początkowe pojęcie algorytmu [10] zostało znacznie rozszerzone na zagadnienia pozamatematyczne. Także instrukcje algorytmu przestały być tylko rodzaju ilościowego, a przybrały także postać typu jakościowego-logicznego.

Rozszerzone pojęcie algorytmu znalazło zastosowanie także w dziedzinie twórczości technicznej. Chodzi mianowicie nie tyle o spełnienie warunku dostatecznej szczególności i pełnej jednoznaczności, ile o jego znaczenie heurystyczne. Jest to pewne rozszerzone pojęcie algorytmu, gdzie sprecyzowane są jedynie zespoły operacji i operatorów lub zasad logicznych, których ściśle i konsekwentne przestrzeganie może doprowadzić do rozwiązania postawionego problemu badawczego.

Wiele kontrowersji wzbudziło pojęcie "algorytmu wynalazku". Nazwa nierozłącznie jest związana z nazwiskiem Henryka Altszullera, znanego radzieckiego teoretyka i praktyka wynalazczości, autora szeregu książek na temat metod pracy twórczej.

Rozszerzone pojęcie algorytmu jest wykorzystywane przy tworzeniu pewnych schematów strukturalnych, określających zarówno poszczególne rodzaje działań, które należy wykonać, jak i drogę dalszego postępowania badawczego przy rozwiązywaniu twórczych problemów badawczych. Pod postacią algorytmu są przedstawione realizacje procesów sekwencyjnych i sekwencyjno-iteracyjnych, zawierające pętle sprzężeń zwrotnych. Są przedstawione strategie rozwiązywania problemów.

We wszystkich tych przypadkach elementami schematu strukturalnego są poszczególne pojęcia, określające rodzaje działań, jakie należy zrealizować, aby móc przejść od jednego działania do drugiego.

W minionym okresie uczyniono także wiele dla przedstawienia procesu projektowo-konstrukcyjnego pod postacią algorytmu. Są to na ogół pewne schematy strukturalne o różnym stopniu uszczegółowienia i złożoności [11][4].

Najogólniejszy schemat strukturalny obejmuje następstwo zdarzeń poczynając od określenia problemu badawczego, wyboru zadań, aż do rozwiązania problemu.

Metodologiczna wartość tych i innych określeń przyjmowanych w algorytmach projektowo-konstrukcyjnych jest bezpośrednio związana ze sposobem informowania o zakresie treści stosowanego pojęcia, np. pojęcia "określenie problemu". Rzadko kiedy użyte określenia w schemacie strukturalnym są stosowane na podstawie ścisłej definicji formalnej. Najczęściej są one objaśniane i tłumaczone w sposób zgodny z regułami definicji opisowych.

Znaczenie tych schematów strukturalnych polega przede wszystkim na zobiektywizowaniu dotychczasowych doświadczeń z zakresu organizacji procesu rozwiązywania problemów, a zwłaszcza samego procesu projektowo-konstrukcyjnego. Bez tej obiektywizacji nie jest możliwe sensowne stosowanie środków komputerowych dla wspomaganie procesu projektowo-konstrukcyjnego i wykorzystanie systematyki jako czynnika heurystycznego.



## LITERATURA

- 1 J. Dierych: System i konstrukcja. WNT, Warszawa 1978.
- 2 M. Dierych: O modelowaniu w budowie maszyn. Mechanika teoretyczna i stosowana. 4.21 (1983).
- 3 E. Franus: Myślenie techniczne. Wydawnictwo PAN, Warszawa 1978.
- 4 F. Hansen: Konstruktionswissenschaft Grundlagen und Methoden. VEB Verlag Technik. Berlin 1974.
- 5 Z. Jaskóła: Problemy metodologiczne nauki konstrukcji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Energetyka Z.89. Gliwice 1985.
- 6 G. J. Klir: Ogólna teoria systemów. WNT Warszawa 1976.
- 7 F. H. Lindsay; D. A. Norman: Procesy przetwarzania informacji u człowieka. PWN, Warszawa 1984.
- 8 Z. Moszner: O teorii relacji. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa 1967.
- 9 J. N. Skowroński: Elementy dynamiki geometrycznej. WNT, Warszawa 1972.
- 10 T. Niewierowicz: Świat algorytmów. Instytut Wydawniczy "Nasza Księgarnia", Warszawa 1980.
11. W. Sztuff. Modelowanie i filozofia. PWN, Warszawa 1971.
- 12 E. Szűcs: Modelowanie matematyczne w fizyce i technice. WNT, Warszawa 1977.
- 13 W. Tatarkiewicz: Dzieje sześciu pojęć. Warszawa, PWN, 1976.
- 14 G. M. Weinberg: Myślenie systemowe. WNT, Warszawa 1979.

## РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## Резюме

В докладе представлены возможности использования результатов исследований общей теории систем и конструкций в творческой деятельности проектирования и конструирования.

## RATIONAL BASES OF MODELLING IN TECHNICAL ACTIVITY

## Abstract

The paper presents the possibilities of application of the results of investigation concerning general theory of systems and constructions in creative activity of designing.

Recenzent: prof. dr hab. inż. L. Gawroński

Wpłynęło do Redakcji 12.XII.1988 r.