

Zdzisław Jaskóła  
Instytut Maszyn  
i Urządzeń Energetycznych  
Politechnika Śląska

## PROBLEMY METODOLOGICZNE NAUKI KONSTRUKCJI

Streszczenie. Ogólna teoria systemów technicznych i konstrukcji zajmuje się najbardziej podstawowymi pojęciami i własnościami środków technicznych. Osiągnięte wyniki badań można usystematyzować i nadać logiczno-formalne ramy w sposób odpowiedni do rozwoju współczesnej myśli naukowej. Z tym związane problemy badawcze przedstawione zostały w referacie.

### 1. Twórczość techniczna

**PROBLEM TWÓRCZOŚCI.** Pojęcie twórczości przywykliśmy na ogół łączyć z twórczością artystyczną, nierozłączne bowiem wydają się nam pojęcia artysty oraz twórcy. Tymczasem studia nad dziejami pojęcia dowodzą, że jest inaczej i że te pojęcia ze sobą dopiero niedawno zostały połączone [27].

We współczesnym rozumieniu twórczość jest już pojęciem o bardzo szerokim zakresie. Obejmuje różnego rodzaju ludzkie czynności, które odnoszą się nie tylko do artystów, ale także do uczonych czy też inżynierów. Współczesne określenie twórczości opiera się na przyjęciu, że cechą, która w każdej dziedzinie wyróżnia twórczość jest "nowość", nowość działania czy dzieła" [27].

Trudno mówić o twórczości w znaczeniu bezwzględnym. Względność dzieła twórczego polega między innymi na tym, że nowość jest zawsze odniesiona do ograniczonych w jakiejś mierze wiadomości o stanie poprzedzającym ukazanie się czegoś o nowych własnościach czy właściwościach.

Znanych jest wiele różnych definicji, czy też prób definiowania twórczości technicznej. J. Dietrych pojmuje ją w sposób następujący: "Twórczość techniczna - to właściwość działania, którego osiągnięciem jest celowo obmyślona własność działania, i właściwość artefaktów lub sposobów postępowania społecznie uznana za nową i odpowiadającą aktualnym lub potencjalnym potrzebom [4].

Zainteresowania twórczą działalnością techniczną człowieka przejawiają się w historii na długo przed tym, zanim zaczęto je badać w sensie naukowym. Nie są to więc zainteresowania bez historii. Jednakże szersze zain-

teresowanie teoretycznymi podstawami twórczej działalności technicznej i prawidłowościami technosfery datuje się od niedawna. Krótkie zestawienie bibliograficzne, które przedstawione zostało w pracy F.Hansena [8], świadczy niestety o tym, jak względnie niedawno podjęte zostały próby opracowania teoretycznych podstaw w różnych zakresach twórczych działań technicznych.

**ZWIĄZEK TWÓRCZOŚCI Z NAUKĄ.** Świadomość znaczenia wiedzy naukowej dla ukształtowania cech osobowości zezwalających na odpowiednie kierowanie procesem twórczym wzmogła wysiłki badawcze zwłaszcza nad podstawami integrującymi doświadczenie projektowo-konstrukcyjne z wiedzą naukową.

Niestety, liczba współczesnych dyscyplin naukowych jest duża i ciągle wzrasta. Badania naukowe stały się bardziej "lokalne". Każda z rozwijających się dyscyplin naukowych posługuje się dzisiaj swoim własnym odrębnym słownikiem, swoimi specyficznymi metodami i ma swoje własne autonomiczne sfery zainteresowań. Na tej podstawie realizowany proces dydaktyczny na wyższych uczelniach najczęściej jest oparty na niedostatecznie spójnych programach nauk podstawowych. Pozostawia równocześnie wszelkie uogólnienia i praktyczne wykorzystanie wiedzy akademickiej przypadkowi.

Rozwija się i pogłębia wiedza z dziedziny elementów maszyn. Także i w tej dziedzinie badania naukowe stały się bardzo "lokalne". Nagromadzona wiedza o danym przedmiocie /łożysku tocznym, połączeniu śrubowym itd./ jest dzisiaj tak ogromna, że można nawet wątpić, czy istnieje taki specjalista, który obejmowałby całość wiedzy z zakresu wszystkich elementów maszyn. O tym zaś, że wiedzy tej na pewno nie można przekazać w tradycyjnym kursie uniwersyteckim, nie wątpi dzisiaj już chyba nikt.

Tak jak reakcją na rozwój wąskich, w głąb idących dyscyplin naukowych było zrodzenie się dyscyplin ogólnych, jak na przykład ogólnej teorii systemów [15], tak też odpowiedzią na rozrastanie się wiedzy projektowo-konstrukcyjnej było podjęcie prac nad utworzeniem nauki konstrukcji [4] [5] [9] [17] [25] [8].

## 2. Maszyna jako przedmiot badań naukowych

**MECHANISTYCZNA KONCEPCJA MASZYNY.** Pierwszym, który nie tylko twierdził, że koncepcja mechanistyczna stanowi powszechne wyjaśnienie wszystkich zjawisk fizycznych, ale również usiłował dać jej szczegółowe wyjaśnienie był Kartezjusz. Jego śmiała jednolita koncepcja wszechświata, który można poznać i wyjaśnić za pomocą powszechnych zasad mechanicznych, obejmowała zarówno organizmy jak i materię nieożywioną. Odnosiła się zarówno do mikroskopijnych cząstek jak i do ciał niebieskich. Rozwinięta w mechanice Galileusza i Newtona wyparła dawniejsze ontologiczne, holistyczne i teleologiczne koncepcje [7] [15].

Mechanistyczne koncepcje nauki przejęte zostały również przez technikę. Dowodzą tego między innymi definicje maszyny. Na przykład w "Encyklopedii techniki" znajdujemy następującą definicję:

"Maszyna - urządzenie techniczne zawierające mechanizm lub zespół mechanizmów we wspólnym kadłubie, służące do przetwarzania energii lub wykonywania określonej pracy mechanicznej. Z energetycznego punktu widzenia maszyna jest przetwornicą energii, przetwarzającą w energię mechaniczną inny rodzaj energii lub pobierającą energię mechaniczną; Maszyny wytwarzające energię mechaniczną /kosztem energii innego rodzaju/ nazywają się silnikami, a maszyny pobierające ją - maszynami roboczymi".

Z kolei mechanizm określony został w sposób następujący:

"Mechanizm - układ powiązanych ze sobą części maszynowych mogących wykonywać określone ruchy w wyniku pobranej energii mechanicznej".

Maszynę pojmuje się więc jako urządzenie mechaniczne, złożone z określonych elementów, które może być objaśnione i badane zgodnie z zasadami mechaniki. Dlatego klasyczny wykład elementów maszyn jest więc w istocie mechaniką stosowaną połączoną z wytrzymałością. Opiera się bowiem na tych samych założeniach i metodach badań, jakie są właściwe tym naukom.

Kształcenie przyszłych projektantów i konstruktorów jedynie na tych podstawach budzi dzisiaj wiele zastrzeżeń, choćby dlatego, że rozległość spojrzenia zarówno projektanta, jak i konstruktora, ich umiejętności prawidłowego rozwiązywania problemów technicznych są również uwarunkowane zastosowaniem teorii abstrakcyjnych. Zależą nie tylko od wiedzy nauk podstawowych, ale również od umiejętności myślenia abstrakcyjnego opartego na pojęciach i modelach teoriomnogościowych i topologicznych [11][13].

MASZYNA JAKO PRZEDMIOT BADAŃ ANALITYCZNYCH. Na przestrzeni wieków ukształtowały się dwie zasadniczo różne i jednocześnie podstawowe metody naukowe: indukcyjna, zwana również analizą oraz dedukcyjna, występująca także pod nazwą syntezy.

Szeroko stosowane przez nauki przyrodnicze metody analityczne rozprze-strzeniły się również w technice. Badane układy rozkłada się na zbiór elementów wzajemnie izolowanych, których własności bada się bez uwzględnienia ich wzajemnej współzależności i wzajemnego oddziaływania. W taki sposób prowadził badania Galileusz i Newton. Już Kartezjusz w "Rozprawie o metodzie" zalecał, aby: "każdy problem rozbić na tyle oddzielnych prostych elementów, na ile jest to tylko możliwe". Dlatego od wieków przyjmowano też także taki dogmat jak "zmieniać czynniki kolejno po jednym na raz" [1].

Postępujący rozwój nauki zmusza nas jednak do zmiany sposobu ujmowania i badania obserwowanej rzeczywistości. Stwierdzono bowiem, że niewiele jest układów, które są albo istotnie proste i mogą być przedstawione jako prosta suma składników, albo dadzą się przedstawić w postaci prostych układów składowych. Założenie o niezależności elementów stało się niemożliwe do utrzymania nie tylko w naukach przyrodniczych, ale i w technice. Zwłaszcza wzrost złożoności środków technicznych doprowadził do tego, że

układy te są tak wewnętrznie powiązane i dynamicznie złożone, że zmiana jednego czynnika staje się bezpośrednio przyczyną zmiany innych, niekiedy bardzo wielu czynników [1][23].

Ewolucja poglądów naukowych nie pozostaje bez wpływu na poznawcze ujęcie maszyny. Od jej mechanicznej interpretacji poczynając, przechodzimy stopniowo do traktowania maszyny jako obiektu abstrakcyjnych teorii sformalizowanych. Maszyna podporządkowana współczesnej nauce jest jednocześnie "mechaniczna" oraz abstrakcyjna". Jest nie tylko materialnym obiektem, ale ma również znaczenie formalne.

Badana jest zarówno za pomocą pojęć "konkretnych", jak i "abstrakcyjnych" [11].

## 2. Ogólna teoria rzeczy i zdarzeń

TEORIA NAUKOWA W ŚCISŁYM I SZERSZYM ZNACZENIU. Od sposobu pojmowania "teorii", a zwłaszcza teorii naukowej, zależy będzie czy ogólną teorię systemów i ogólną teorię konstrukcji uzna się za teorię naukową czy też nie.

Rozważania prowadzone w pracy [15] prowadzą do wniosku, że teorię można pojmować w znaczeniu węższym lub szerszym. W znaczeniu węższym teoria jest stosowana do układu twierdzeń ogólnych postaci: "jeśli jest prawdą, że... to...". Tam, gdzie jest to możliwe, zachodzące zależności wyraża się za pomocą języka matematyki.

Teorię naukową możemy również rozumieć w znaczeniu szerszym. Otóż zanim zostaną sformułowane twierdzenia ogólne, konieczne jest najpierw znalezienie i określenie zmiennych, o których da się coś twierdzić. To, poszukiwanie zmiennych oraz odpowiednich im definicji należy zdaniem wielu także traktować jako badanie teoretyczne. W tym szerszym znaczeniu teoria może ograniczyć się wyłącznie do definicji oraz klasyfikacji.

Badania naukowe można również prowadzić w jednym z dwu przeciwstawnych kierunków [26]. W tych badaniach można zmierzać bądź ku rzeczom coraz bardziej złożonym, bądź do coraz większej abstrakcyjności i prostoty logicznej. Najwyższy stopień ogólności mają właśnie te teorie, które dotyczą podstaw logicznych i wytyczają jedynie kierunki badań. Na tym stopniu abstrakcji określany jest przede wszystkim punkt widzenia badacza na dany problem. Inaczej mówiąc, formułowany jest problem badawczy, wskazana zostaje jego oryginalność. Na tym stopniu abstrakcji teoria rozumiana być musi tylko jako teoria w szerszym tego słowa znaczeniu. Zajmuje się bowiem wyłącznie poszukiwaniem zmiennych i odpowiednich im definicji. Teorie takie są, niestety, zbyt ogólne, by pozwoliły uzyskać rezultaty, które dałyby się ująć za pomocą wąsko pojętej metody.

Ogólna teoria systemów technicznych i teoria konstrukcji dotyczy przede wszystkim logiczno-formalnych podstaw badanych zjawisk fizycznych. Posiada zatem wysoki stopień ogólności. Na tym stopniu ogólności zastosowanie matematyki jest możliwe pod warunkiem, że punkt widzenia problemu da się wyrazić w kategoriach RELACJI [15][21].

POJĘCIA REALNE I ABSTRAKCYJNE. Na pewno jest truizmem, gdy twierzymy, że w każdym akcie twórczym jest związane myślenie. Badania procesów myślenia pozostających w związku z twórczością prowadzą bowiem jednoznacznie do wniosku, że zawsze czynnik pojęciowy jest w nich wiodący, natomiast - wyobrazeniowy jest pierwszemu podporządkowany [6][28].

Dzięki myśleniu dochodzimy również do wiedzy i dzięki niemu możemy ją dalej rozwijać i stosować. Bezsporny jest także fakt współzależności każdej teorii naukowej i pojęć stanowiących ich budulec.

Myślenie, które jest tylko pojęciowe, wymaga zarówno właściwego zrozumienia pojęć, jak i definicji. Rzuca to również na twórczość, ponieważ wszelkie dążenie do uchwycenia istoty rzeczy poprzez definicję ma zawsze znaczenie HEURYSTYCZNE.

Współzależność teorii i pojęć, stanowiących budulec teorii, kieruje naszą uwagę także na rodzaje pojęć występujących w nauce. Podział pojęć na pojęcia "realne" oraz pojęcia "abstrakcyjne" przyjęty przez autora publikacji [22] ma swoje doniosłe znaczenie również dla badań systemowych i konstrukcyjnych. Odpowiada bowiem potrzebie rozróżnienia przedmiotu materialnego /obiektu/ teorii od przedmiotu formalnego. Obiekty należące do obszaru rzeczywistości materialnej są rozpoznawane najpierw na podstawie pojęć realnych. Pojęcia takie jak środek techniczny, maszyna itd. stanowią przykłady pojęć realnych. Ujmują jednostkowe konkrety materialne w pewien zbiór o określonych własnościach i właściwościach, któremu nadaje się następnie określoną nazwę.

Pojęcia abstrakcyjne natomiast znaczą tyle, ile znaczy sama abstrakcja. Wprowadzone do nauki między innymi za pomocą definiowania przez abstrakcję [21] 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 [11][13].

Pojęcia abstrakcyjne odnoszą się do czegoś, co jako konkret /zjawisko fizyczne/ nie istnieje. Należą do nich tak podstawowe pojęcia dla nauki konstrukcji, jak: układ /abstrakcyjny/, struktura, system i konstrukcja.

BADANIA ONTOLOGICZNE. W pewnym momencie rozwoju nauki zrodziła się dążność do opracowania ogólnej teorii rzeczy i zdarzeń. Wyczerpywanie się kapitałów nauki opartej na koncepcjach pierwiastkujących zrodziło tendencję do poszukiwania praw wczegogarniających. Równocześnie badania wykazały, że pewne pojęcia, zasady i metody nie zależą w ogóle od specyficznego charakteru poszczególnych zjawisk [15][24].

Wysiłki badawcze zmierzające do opracowania ogólnej teorii, która

obejmowałyby całą naszą badaną rzeczywistość, zaowocowały najpierw opracowaniem ogólnej teorii systemów.

Zauważona niewystarczalność metod rekomendowanych przez nauki przyrodnicze dla rozwiązywania współczesnych, wciąż zmieniających się zadań projektowo-konstrukcyjnych, zapoczątkowała badania uogólnień odpowiednich dla całej dziedziny projektowo-konstrukcyjnej [5][8][9][25]. Aby jednak doprowadzić do ostatecznego zintegrowania dotychczasowych wyników badań należy ukierunkować je zgodnie z możliwością ontologicznego ich ujęcia.

Ten stopień ogólności odpowiada słynnym Arystotelesowskim [2] kategoriom, które w odniesieniu do współczesnych osiągnięć naukowych tworzą następujący zbiór podstawowych pojęć teorii:

- 1° Rzeczy i zdarzenia; z pojęciem rzeczy wiąże się badanie jej cech konstytutywno-istotowych czy organizacyjno-porządkowych.
- 2° Własności rzeczy; wypływają one z przyjętych cech konstytutywno-istotowych rzeczy i wzbogacają ją pod względem egzystencjonalnym; są identyfikowane poprzez kategorie jakości oraz ilości.
- 3° Relacja; w twórczym procesie projektowo-konstrukcyjnym rozpoznajemy nie tylko własności, ale i właściwości; badamy bowiem również wszelkie możliwe odniesienia jednej rzeczy do drugiej lub przyporządkowania jednej rzeczy do drugiej.
- 4° Umiejscowienie; jest właściwością zorganizowanych złożoności. to, że każda rzecz zajmuje określone miejsce i ma określone położenie.
- 5° Rozłożenie; jest właściwością złożonych organizacji także i to, że tworzą one w określony sposób zintegrowany zbiór elementów głównie dzięki odpowiedniemu ich umiejscowieniu.
- 6° Działanie przyczynowe; jest również właściwością badanych procesów, że są one wywoływane przez określoną przyczyną prawczą i ukierunkowane przez określoną przyczynę celową.

Badania prowadzone na najwyższym poziomie abstrakcji i ograniczone do definicji, a następnie klasyfikacji zajmują się najpierw pojęciem, które jest oderwane od rzeczowości. Na tym poziomie abstrakcji przedmiot nauki konstrukcji określają dwa jej podstawowe pojęcia: SYSTEM i KONSTRUKCJA.

Matematyczna teoria systemów ogólnych [15] definiuje system jako RELACJĘ. Wyróżniono dwie podstawowe metody opisu: metodę opisu przez wejście i wyjście oraz metodę opisu przez dążenie do celu.

Punkt wyjścia stanowi pojęcie systemu jako relacji określonej na zbiorach abstrakcyjnych:

$$S \subset X \{ V_i : i \in I \},$$

przy czym  $X$  oznacza iloczyn kartezjański,  $I$  - jest zbiorem indeksów,  $V_i$  - składniki relacji.

Wprowadzone w ośrodku Politechniki Śląskiej rozróżnienie pomiędzy systemem i konstrukcją narzuciło konieczność zdefiniowania konstrukcji. Według J. Dietrycha konstrukcja jest własnością środków technicznych, którą wyznaczają przyjęte cechy konstrukcyjne.

W ujęciu teoriomnogościowym konstrukcja jako własność środków technicznych jest zbiorem:

$$K_S (X),$$

gdzie:  $x_i \in X$  jest elementem prostym lub złożonym /środkiem technicznym/, który ma własność  $K_S$ .

Pod względem operacyjnym konstrukcję określa zbiór cech konstrukcyjnych:

$$C_K = \{C_g, C_m, C_d\},$$

gdzie:  $C_g$  - geometryczna cecha konstrukcyjna,  $C_m$  - tworzywowa cecha konstrukcyjna,  $C_d$  - dynamiczna cecha konstrukcyjna.

Cecha konstrukcyjna  $C_K$  jako własność elementu /prostego lub złożonego/ jest parą uporządkowaną,

$$C_K = \langle \tilde{\Pi}, W \rangle, \quad i \in \{g, m, d\},$$

której pierwszym elementem jest postać konstrukcyjna  $\tilde{\Pi}_i$ , drugim - wielkość  $W_i$  [14].

W teorii konstrukcji rozróżnia się element /prosty lub złożony/ oraz jego postać i wielkość. Pojęcie "postać konstrukcyjna" wprowadzone zostało do nauki konstrukcji przez J. Dietrycha. Pojęcia te są określane na podstawie definiowania przez abstrakcję [14], mianowicie.

Postać konstrukcyjną /geometryczna, tworzywowa czy dynamiczna/ jest klasą abstrakcji ze względu na RELACJĘ PODOBIENSTWA.

Wielkość konstrukcyjna  $W$  jest klasą abstrakcji ze względu na RELACJĘ PRZYSTAWANIA.

Skuteczność przyjętych cech konstrukcyjnych weryfikuje się w badaniach konstrukcyjnych /analitycznych lub doświadczalnych/, których podstawowy problem badawczy wyraża zależność:

$$v = f(C_K, Y),$$

gdzie:  $v$  - miara osiągnięcia lub spełnienia czegoś,  $Y$  - parametr.

Wprowadzone rozróżnienie pomiędzy systemem i konstrukcją umożliwia wyróżnienie dwóch stadiów procesu, a mianowicie: projektowania i konstruowania. Konstruowanie polega na dobieraniu cech konstrukcyjnych.

### 3. Ujęcie holistyczne w nauce konstrukcji

CAŁOŚĆ. Pogląd, według którego rzeczy i zdarzenia /zjawiska/ należy ujmować całościowo, ma swoje źródło we współczesnych wynikach badań naukowych. Nawiązuje natomiast do słynnego twierdzenia filozofii starożytnej, że "całość to więcej niż suma jej części" [15], [16].

Redukcjonizm nauki klasycznej skłaniał do traktowania zjawisk jako pewnego złożenia składającego się z niezależnych czynników. Wyjaśnianie każdego, najbardziej skomplikowanego problemu było i jest redukowane do podstawowych elementów składowych. Zachowanie organizmu tłumaczono na podstawie badania zachowania się jego komórek. Działanie zaś samochodu tłumaczono na podstawie zachowania się poszczególnych jego elementów. Każdą całość wyjaśniano więc przez jej podział na niezależne elementy. W nauce klasycznej świat zredukowany został do układu mechanicznego.

Współczesna koncepcja całości odnosi się zarówno do społeczeństw, tworów naturalnych jak i tych, które obmyślone i wytworzone zostały przez człowieka. Podstawy "względnie efektywnego" objaśnienia całości są następujące.

Całość jest przede wszystkim synonimem rzeczy. Każda taka jedność może być PROSTA lub ZŁOŻONA. Jedność złożoną można zawsze objaśnić za pomocą RELACJI zdefiniowanej w skończonym zbiorze elementów. Zatem ze strukturalnego punktu widzenia całość dzieli się na elementy. Jednakże ze względu na działanie całość jest jednością, której nie da się rozłożyć na elementy o tych własnościach i właściwościach, jakie przyporządkowywane są całości.

Rzeczy złożone są zorganizowane. Podstawę organizacji tworzą:

- zbiór wieloelementowy,
- relacja porządkująca; żaden zbiór nie ma jednego tylko porządku z wyłączeniem wszelkich innych, ma wszelkie porządki, jakie tylko są w nim możliwe [26],
- cel, który jest przyczyną porządku i normą, według której sądzimy o porządku.

SYNERGIA. Słowo pochodzenia greckiego /gr. synergia=współzależność/ wprowadzone zostało do nauki w okresie, gdy dokonywane odkrycia coraz częściej potwierdzać zaczęły zachodzące, złożone współzależności między elementami całości [19], [20].

Tymczasem jeszcze wciąż wielu projektantów i konstruktorów nie ma pojęcia o synergii i nie zdaje sobie sprawy z istoty synergizmu. Nic w tym dziwnego, ponieważ większość z nas ucząc się geometrii zdobyła podstawy głównie myślenia "linearnego". Ucząc się geometrii poznaliśmy przecież pewnik, iż całość jest sumą swych części. To przeświadczenie potwierdza też całe nasze codzienne doświadczenie praktyczne. To, co nas otacza, jest dla nas zawsze prostą sumą arytmetyczną przedmiotów.

Na tym gruncie zrodziło się także nasze przeświadczenie, że wszystko



dookoła nas zmienia się liniowo. Bardzo często też, aby uczynić zjawiska łatwiej zrozumiałymi i przystępnymi, dokonuje się ich linearyzacji.

Tymczasem coraz głębsze poznawanie zjawisk prowadzi do wniosku, że zastosowanie twierdzenia o sumie wymaga innego niż prymitywne arytmetyczne sumowania miar części, ażeby móc otrzymać miarę całości. Wynaga uwzględnienia faktu, iż w złożonych układach materialnych efekt łącznego występowania określonych składników może być większy lub mniejszy od sumy arytmetycznej efektów wywoływanych przez składniki rozpatrywane oddzielnie.

Prawo synergii, które uważa się obecnie za naturalne prawo rządzące całością, obejmuje swoim zakresem zarówno rzeczywistość materialną istniejącą niezależnie od człowieka, jak i tę, która powstała i powstaje w wyniku przedsięwzięć podejmowanych przez człowieka. Dotyczy własności współdziałania i współzależności składników każdej złożonej całości. Treść prawa synergii ujmują następujące jego sformułowania: "Własności i właściwości złożonej całości wynikają ze sposobu wzajemnego powiązania się ich składników i nie mogą być z całą pewnością przewidziane na podstawie składników rozpatrywanych osobno i zastosowania prostego sumowania osiągniętych rezultatów", lub "Zachowanie się złożonej całości nie może być przewidziane na podstawie zachowania się jej składników rozpatrywanych osobno; w złożonych całościach dwa składniki mogą działać w taki sposób, że wywoływany efekt netto może być większy lub mniejszy niż byłby wówczas, gdyby ich działanie analizowane było niezależnie od drugiego składnika".

Do podstawowych problemów badawczych, wobec których staje każdy współczesny projektant i konstruktor środków technicznych, należą problemy synergii: działania, tworzywa i postaci, postaci i wielkości, maszyny z maszyną, maszyny z przyrodą, maszyny z człowiekiem, przyrody, maszyny i człowieka [20].

#### 4. Logiczno-formalne podstawy teorii celów

ZAGADNIENIE CELU. Koncepcja celu była przez naukę rozpatrywana już niejednokrotnie. Ostatecznie zrezygnowano zupełnie z celowościowego ujęcia zjawisk fizycznych. Pojęcie celu uznano za nienaukowe. Bardzo radykalnie rozprawił się z tym pojęciem między innymi E. Mach, domagając się całkowitego usunięcia z fizyki przyczynowości [7].

Do koncepcji teleologicznej ponownie powrócono w psychologii, biologii czy prakseologii. Powrócono wszędzie tam, gdzie osiągnane efekty zależą przede wszystkim od trafności WYBORU. Oczywiście nie uczyniono tego dlatego, aby antropomorfizm wprowadzić do nauki. Uczyniono to, ponieważ stwierdzono, że "świadomość celu", lecz "uporządkowania dążność do czegoś" stanowi o istocie celu.

FORMALNE PODSTAWY TEORII CELÓW. Teoriomnogościowa koncepcja celu przedstawiona w pracy [24] jest oparta na założeniach.

Po pierwsze przyjmuje się, że jest określony pewien niepusty zbiór celów  $C(S) \{ C(S) \neq \emptyset \}$ , gdzie:  $C(S)$  jest także synonimem zbioru celów systemu.

Po drugie, w zbiorze celów rozpatruje się strukturę relacyjną, której elementami są:

$R_p \subset C(S) \times C(S)$  - relacja podrzędności celów,

$R_k \subset C(S) \times C(S)$  - relacja kolizji /konfliktowości/ celów,

$R_t \subset C(S) \times C(S)$  - relacja tolerancji celów

oraz podstawowy zbiór warunków:

$$C = U \{ C_g / g \in C(S) \}$$

Zbiór  $C(S)$  nazywamy więc zbiorem celów. tylko wtedy, gdy określone są w nim trzy relacje: podrzędności, tolerancji i kolizji, które spełniają określone aksjomaty podane w pracy [24].

Jak złożony może być problem badawczy, świadczą o tym zależności jakie mogą zachodzić pomiędzy dwoma celami  $C_1$  i  $C_2$  przy spełnieniu warunków  $w_1$  i  $w_2$ . Niech warunki te generują dwa zbiory decyzji dopuszczalnych  $D_1$  i  $D_2$ . Pomiedzy celami mogą zachodzić następujące relacje:

- relacja identyczności bezwzględnej: warunki  $w_1$  i  $w_2$  wyznaczają identyczne zbiory decyzji dopuszczalnych  $D_1 = D_2 = D_1 \cap D_2 = D$ ,

- relacja wyłączająca: warunki  $w_1$  i  $w_2$  wyznaczają dwa zbiory decyzji dopuszczalnych wzajemnie się wyłączające  $D_1 \cap D_2 = \emptyset$ ,

- relacja częściowej zgodności: warunki  $w_1$  i  $w_2$  wyznaczają dwa zbiory decyzji dopuszczalnych częściowo wyłączających się, istnieje jednak niepusty iloczyn  $D_1 \cap D_2 = D$ ,

- relacja podrzędności: warunki  $w_1$  i  $w_2$  wyznaczają dwa zbiory decyzji dopuszczalnych, których iloczyn  $D_1 \cap D_2 = D_2$ .

Nietrywialne zagadnienie optymalizacji dotyczy celów niezgodnych. Z tym zagadnieniem jest związanych większość problemów projektowo-konstrukcyjnych.

FORMALNE WARUNKI OPTYMALIZACJI. Do pojęć o podstawowym znaczeniu dla współczesnej teorii celów należą: optymalność lub optymalizacja. Z intuicyjnego punktu widzenia pojęcia te mają przede wszystkim związek z problemem wyszukiwania wariantu "najbardziej pożądanego" lub najlepszego spośród zbioru możliwych wariantów rozwiązania problemu.

Optymalizację pojmujemy jako proces, który jest wewnętrznie ukierunkowany na osiągnięcie określonego celu lub celów. Z tym związane postępowanie badawcze składa się z pewnych stadiów, które tworzą formalne warunki optymalizacji. Badania te składają się z:

- badań modelowych celów,
- badań modelowych zmiennych wyboru,
- badań modelowych zgodności wyboru z celem.

KRYTERIUM. Podstawą badań modelowych celów jest ogólna teoria celów. Jednakże w badaniach optymalizacyjnych nie posługujemy się bezpośrednio pojęciem celu, lecz pojęciem równoważnym, a mianowicie pojęciem "kryterium". W modelach optymalizacyjnych kryterium przyjmuje postać tzw. funkcji - kryterium, nazywanej także funkcją celu.

Według J. Dietrycha [4] kryteria są "funkcją logiczną znaczenia, które dzięki systemowi i konstrukcji nadawane są środkom technicznym. Ich spełnienie przez odpowiedni wybór systemu i konstrukcji środka technicznego jest warunkiem odpowiedniego zaspokojenia potrzeby. Kryteria stanowią bowiem formalną identyfikację potrzeby.

Kryterium również umożliwia dokonanie wyboru na podstawie oceny pożądanego stopnia jego osiągnięcia. Tylko wówczas, gdy zadany został układ kryteriów, potrafimy powiedzieć, które rozwiązanie /który wybór/ jest dobre. Otóż jest nim to, które w zadanej mierze spełnia rozpoznany przez nas układ kryteriów. Inaczej ujmując, jest nim to rozwiązanie, które posiada określoną wartość zadaną przez kryterium.

Kryteria optymalizacji, a w szczególności funkcja kryterium, nie wynikają bezpośrednio z modelu matematycznego. Są one określone niezależnie od modelu w trakcie badań optymalizacyjnych. Wyniki badań dowodzą, że kryteria wynikają tak z racji istnienia środka technicznego odnoszących się do systemu, jak i w węższym zakresie z racji istnienia wytworu odnoszących się w szczególności do konstrukcji.

Według J. Dietrycha analiza warunków powstania wytworów stanowi podstawę wyróżniania trzech racji istnienia wytworów, które są odpowiedzią na pytanie: po co? za co? oraz jak? Te trzy pytania identyfikują:

- rację celowości technicznej,
- rację ekonomiczną,
- rację możliwości wytwórczych.

KONCYPOWANIE TECHNICZNE. Twórcza działalność projektanta i konstruktora wymaga ustawicznego dokonywania wyboru. To podstawowe założenie teorii jest poparte faktami empirycznymi świadczącymi o tym, że wszelkie rozwiązania problemów projektowo-konstrukcyjnych są tylko względnie jednoznaczne. Tę samą potrzebę materialną można zaspokoić w różny sposób, jak i ten sam system można zdeterminować różną konstrukcją. Stawia to projektanta i konstruktora wobec konieczności określenia zmiennych wyboru, szerzej, do tworzenia elementów pola możliwych rozwiązań.

WYBÓR ROZWIĄZANIA. Poszukiwanie rozwiązań optymalnych może być realizowane za pomocą eksperymentu bądź analizy. Metody analityczne mogą być jednak stosowane dopiero wówczas, gdy posiadany jest opis matematyczny w badanych zjawisk.

Oczywiście model matematyczny powinien być adekwatny do badanego problemu,

ponieważ metody matematyczne rozwiązują problemy w zależności od sformułowania, a więc bez względu na to czy sformułowanie było sensowne, czy nie.

**ZASADY KONSTRUKCJI WG J. DIETRYCHA.** Rozumowanie, które jako czynność myślowa zmierza zawsze do czegoś znanego, do czegoś jeszcze nieznanego opiera się nie tylko na pojęciach, ale i na zasadach właściwych dla dziedziny, do której się odnosi. Ukierunkowanie na określony cel lub cele przebiega w sposób wewnętrznie ukierunkowany także przez zasady.

Nazwą zasad określa się prawa ogólne, powszechnie ujawniające w sposób prosty najogólniejsze prawidłowości badanej przez nas rzeczywistości. Jeśli obecnie podkreślamy problem niewystarczalności zasad fizycznych dla dziedziny konstrukcji, to mamy na uwadze potrzebę określenia także i takich zasad, które ukierunkowałyby nasze rozumowania na osiągnięcia optymalnej konstrukcji maszyny.

W poszukiwaniu zasad konstrukcji kierujemy uwagę na to stadium procesu projektowo-konstrukcyjnego, w którym następuje ostateczne uszczegółowienie cech konstrukcyjnych przyszłego środka technicznego. W tym stadium tego procesu, które nazywamy konstruowaniem, zajmujemy się wyłącznie problemem wyboru cech konstrukcyjnych przyszłego środka technicznego ze względu na jego czaso-przestrzenne istnienie 12 .

Zasady konstrukcji odnosi J. Dietrych do podstawowych własności i właściwości środków technicznych, to znaczy do takich, jakie powinien posiadać wytwór, którego działanie ma być realizowane z określoną miarą pewności w ciągu określonego czasu. Badania własności i właściwości wytworu pod tym kątem widzenia prowadzą do następujących wniosków:

- Właściwością środków technicznych jest możliwość występowania różnego rodzaju obciążeń jako rzeczywistej funkcji różnych działań podejmowanych ze względu na potrzebę zaspokojenia określonej potrzeby; bez względu na rodzaj działania zawsze z nim związane jest obciążenie.
- Konieczność przenoszenia obciążeń prowadzi do uznania konieczności występowania tworzywa jako podstawowej własności elementu.
- Warunkiem koniecznym możliwości skutecznego działania układu materialnego jest spełnienie przez układ warunków stateczności; stateczność jako istotna właściwość układu rozpatruje się zarówno ze względu na obciążenia jako przyczynę, jak i na wywołany obciążeniem skutek.
- Przestrzeń zajmowana przez tworzywo może być wykorzystywana w rozmaity sposób, jednakże istnieje także problem stosunków wielkości związanych, będących własnością obszarów przestrzeni.

Zidentyfikowanie powyższych własności i właściwości środków technicznych prowadzi do wyróżnienia układów czterech zasad konstrukcji:

- zasady optymalnego obciążenia,
- zasady optymalnego tworzywa,
- zasady optymalnej stateczności,
- zasady optymalnych stosunków wielkości związanych.

## Podsumowanie

Podstawowym warunkiem zintegrowania wykładu elementów maszyn z nauką konstrukcji jest przyjęcie w obu przypadkach jednej postawy naukowej. Wymagać to będzie opracowania zbioru pojęć i zasad przekraczających granice obu dyscyplin naukowych. Podstawy metodologiczne, które opracowane zostaną w Politechnice Śląskiej, pozwoliły na wprowadzenie nowego wykładu pod nazwą "podstawy konstrukcji maszyn" w miejsce dawniejszego wykładu "części maszyn".

## LITERATURA

- [1] Ashby W.R.: Wstęp do cybernetyki. Warszawa, PWN 1963.
- [2] Arystoteles: Kategorie. Hermeneutyka. Warszawa, PWN 1975.
- [3] Brockhaus ABC: Naturwissenschaft und Technik Leipzig 1980.
- [4] Dietrych J.: System i konstrukcja, Warszawa, WNT 1978.
- [5] Dietrych J., Rugenstein J.: Einführung in die Konstruktionswissenschaft. Politechnika Śląska. Skrypty Uczelniane Nr 1054, Gliwice 1982
- [6] Franus E.: Myślenie techniczne. Warszawa, PAN 1978.
- [7] Gawecki B.J.: Zagadnienie przyczynowości w fizyce. Warszawa, 1969.
- [8] Hansen F.: Konstruktionswissenschaft Grundlagen und Methoden. Berlin, VEB VERLAG Technik, 1974.
- [9] Hubka V.: Theorie der Konstruktionsprozesse. Springer-Verlag, Berlin-New York 1976.
- [10] Jaskóła Z.: Arbeitsblätter Konstruktions-technik. Theoretische Grundlagen, TH Magdeburg 1978.
- [11] Jaskóła Z.: Bedeutung der Allgemeinen System - und Konstruktionstheorie im B ildungsprozess der Projektanten und Konstrukteure. ICED 81 Rome-ITALY 9-13 March 1981.
- [12] Jaskóła Z.: Konstruowanie na podstawie zasad konstrukcji. Szkoła Metodologii Konstruowania Maszyn. Materiały seminaryjne. Rydzyna 3-6.11.1982.
- [13] Jaskóła Z.: Konstruktionswissenschaft Einige grundlegende Fragen - Auszug aus dem Vortrag VI Kolloquium "Magdeburg - Gliwice 1982. Edition HEURISTA Schrifteureihe, WDK9.
- [14] Jaskóła Z.: Konstruktionsgestalt als Begriff der Konstruktionswissenschaft. ICED 83 Kobenhavn.
- [15] Klir G.J.: Trends in General Systems Theory. Wiley, New York, 1972.
- [16] Klaus G., Liebscher H.: Wörterbuch der Kybernetik. Berlin Dietz Verlag, 1976.

- [17] Koller R.: Konstruktionsmethode für den Maschinengeräte - und Apparatebau. Berlin- New York, Springer-Verlag 1979.
- [18] Konarzewska-Gubała E.: Programowanie przy wielorakości celów. Warszawa PWN, 1980.
- [19] Liebmann H.: Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie. R. Oldenbourg, München 1960.
- [20] VAN LIER H.: Nowy wiek. PIW 1970
- [21] Moszender Z.: O teorii relacji. Warszawa: PWSz, 1967.
- [22] Nowiski W.: O ścisłości pojęć i kulturę słowa w technice. Warszawa WKiŁ 1978.
- [23] Polański Z.: Współczesne metody badań doświadczalnych. Warszawa, Wiedza Powszechna, 1978.
- [24] Nauka. Technika Systemy. Warszawa, PAN 1981
- [25] Pahl G., Beitz W.: Konstruktionslehre. New York, Springer-Verlag, 1977.
- [26] Russel B.: Wstęp do filozofii matematyki. Warszawa, PWN 1958.
- [27] Tatarkiewicz W.: Dzieje sześciu pojęć. Warszawa, PWN 1976.
- [28] Weinberg G.M.: An Introduction to General Systems Thinking. New York, Wiley 1975.

#### METHODOLOGICAL PROBLEMS OF DESIGN SCIENCE

#### S u m m a r y

General technical system and design theory deals with the very base terms and features of technical means. According to the state of art we can systemize and form the reached results. Research problems concerned with the above said activity have been reported in the paper.

#### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУКЦИИ - НАУКИ

#### Р е з ю м е

Общая теория технических систем и конструкции употребляет самые главные понятия и свойства технических средств. Результаты исследований оформлено принимая во внимание современную науку. В реферате представлено связаны с тем проблемы исследований.