

Piotr Gendarz

Instytut Mechaniki i Podstaw
Konstrukcji Maszyn
Politechnika Śląska

WSPOMAGANIE NOWOCZESNYMI ŚRODKAMI PRZETWARZANIA
INFORMACJI W TYPIZACJI METODĄ ZIDENTYFIKOWANEGO
PROCESU KONSTRUKCYJNEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono proces tworzenia typoszeręgów konstrukcji, który ze względu na swoje racjonalne uzasadnienie w procesie od potrzeby do zaspokojenia potrzeby powinien być sukcesywnie rozwijany. Jego rozwój jest możliwy przez doskonalenie metod i wspomaganie nowoczesnymi środkami przetwarzania informacji stadiów zrutyzowanych.

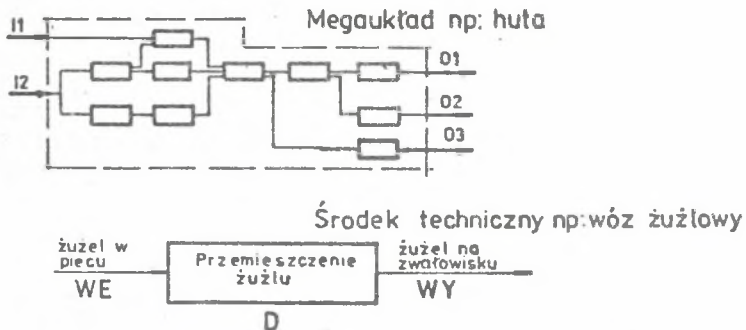
1. Proces projektowo-konstrukcyjny a proces tworzenia typoszeręgów

Proces projektowo-konstrukcyjny, bardzo dokładnie opisany w pracach [1,2], jest realizowany wówczas, gdy potrzeba jest rozpoznana i opisowo ujęta w postaci założeń projektowo-konstrukcyjnych. W założeniach projektowo-konstrukcyjnych (pr-ks) wyróżnia się:

- opis istoty działania,
- dane sytuacyjne,
- dane ilościowe [1],

które formalnie ujęte stanowią podstawę opracowania projektu i konstrukcji.

Opis istoty działania przyszłego środka technicznego wynika głównie z realizowanego działania elementarnego w megaukładzie.



Rys.1 Ogólny zapis systemu megaukładu i środka technicznego

Natomiast dane sytuacyjne i ilościowe są to narzucane własności i właściwości, którymi powinien się charakteryzować przyszły środek techniczny ze względu na sprzężenie z innymi środkami technicznymi. Zbiór takich własności i właściwości nazwano cechami charakterystycznymi środka technicznego. Pojęcie cechy charakterystycznej wprowadzono dla potrzeb tworzenia typoszeregów. Dla przykładu - cechami charakterystycznymi wozu żuźlowego są:

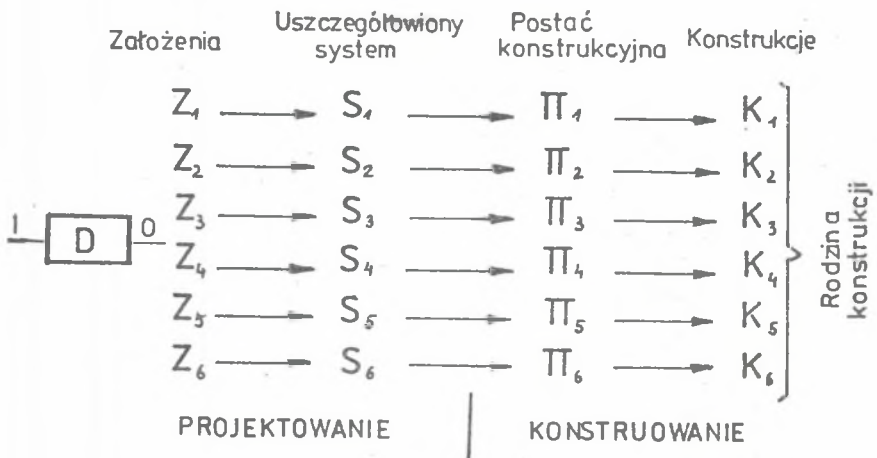
- rodzaj drogi transportu,
- rodzaj żuźlu,
- pojemność kadzi.

Podejmowany w biurach proces projektowo-konstrukcyjny tworzy liczny zbiór konstrukcji: nowych, przystosowanych, kompilowanych i udoskonalonych, co odpowiada tzw. rozwojowi ekstensywnemu.

Zbiór tak utworzonych konstrukcji o różnych cechach konstrukcyjnych, które odpowiadają określonemu systemowi ogólnemu sprowadzonemu do jednej relacji przekształcenia /rys.1/, nazwano rodziną konstrukcji. Wyróżniono w sposób jakościowy cztery następujące grupy rodzin konstrukcyjnych, w których występują:

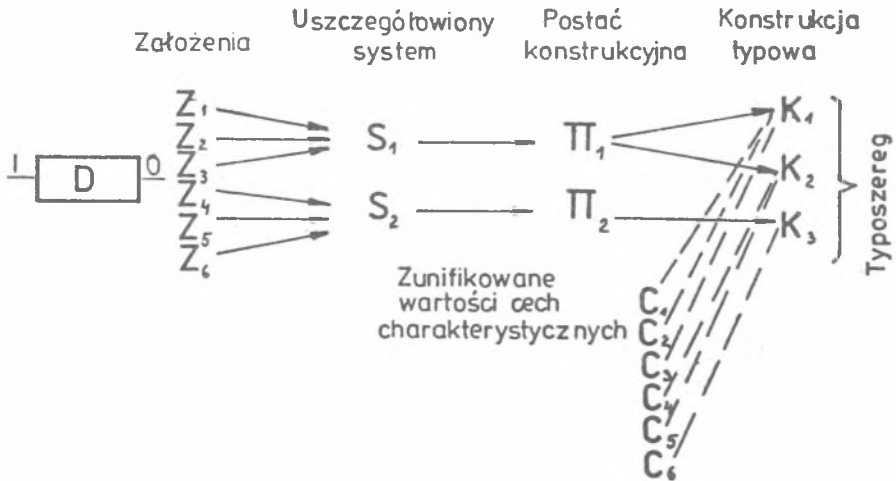
- konstrukcje o dużej złożoności i bardzo zróżnicowane, tworzące zbiór o małej liczności, np. konstrukcje oczyszczalni ścieków,
- konstrukcje o dużym wskaźniku typizacji, np. konstrukcje mechanizmów podnoszenia w sunnicach pomostowych,
- konstrukcje o dużej złożoności i mało zróżnicowane, tworzące zbiór o średniej mocy, np.: konstrukcje wozów żuźlowych,
- konstrukcje o małej złożoności, tworzące zbiór o dużej mocy, np.: konstrukcje sprzęgieł, siłowników.

Zapis tworzenia się rodziny konstrukcji przedstawiono na rys.2.



Rys.2 Wyniki kolejnych stadiów procesu pr-ks

W przeciwieństwie do procesu projektowo-konstrukcyjnego w procesie tworzenia typoszeregów w sposób integralny rozważa się zbiór założeń pr -ka, będących formalnym zapisem potrzeb aktualnych i potencjalnych. Przykładem może być opracowany typoszereg wozów żuźlowych. System działania wozu żuźlowego jak również jego konstrukcja były tworzone przy uwzględnieniu potrzeb poszczególnych hut. Podejmując opracowanie typoszeregu wozów żuźlowych rozważano potrzeby w sposób integralny dla całego hutnictwa, co umożliwia rozwiązanie problemu wytwarzania, jak również zamienność elementów. Przebieg dokonywanych przekształceń cech w procesie tworzenia typoszeregów przedstawiono na rys. 3.



Rys.3 Wyniki kolejnych stadiów procesu normalizacji

Podejmowanie procesu tworzenia typoszeregów środków technicznych, ujęwanego integralnie, umożliwia przejście z rozwoju ekstensywnego, którego wynikiem jest rodzina konstrukcji, na intensywny poprzez tworzenie racjonalnego typoszeregu.

2. Kryteria procesu tworzenia typoszeregów

Konstrukcja należąca do typoszeregu, nazywana typową, oprócz kryteriów, które spełnia każda konstrukcja [1], powinna również spełniać kryteria wynikające z przynależności do typoszeregu.

W wyniku prowadzonych badań wyróżniono następujący układ kryteriów:

- K1 Kryterium długiej aktualności zunifikowanych wartości cech charakterystycznych.
- K2 Kryterium spójności między konstrukcją typową a konstrukcjami współdziałających środków technicznych.
- K3 Kryterium niezawodności działania środków technicznych [1], których własnością są opracowywane konstrukcje typowe.

- K4 Kryterium minimalnej liczby konstrukcji typowych należących do typoszeregu.
- K5 Kryterium minimum straty niedopasowania konstrukcji typowej względem konstrukcji odnoszących się do zunifikowanych wartości cech charakterystycznych.
- K6 Kryterium powtarzalności konstrukcji elementów w poszczególnych typach konstrukcji tworzących typoszereg.
- K7 Kryterium minimum kosztów wytwarzania i eksploatacji środków technicznych opracowanych na podstawie typoszeregu konstrukcji.
- Utworzony układ kryteriów został uporządkowany zgodnie z kolejnością ich spełniania w procesie tworzenia typoszeregów, jak również stał się podstawą wyróżnienia stadiów procesu.

3. Stadia procesu tworzenia typoszeregów

Wyróżniono następujące stadia procesu:

1. Analiza ogólna - wybór rodziny konstrukcji podatnej na typizację. Kryteria wyboru podano w pracy [3].
2. Analiza szczegółowa - analiza zmienności systemowej i konstrukcyjnej rodziny konstrukcji oraz ocena wariantów konstrukcyjnych pod względem eksploatacyjnym, wytwórczym oraz ekonomicznym.
3. Unifikacja - ograniczanie i podporządkowanie wartości cech charakterystycznych spełniające głównie kryteria K1 i K2. Wynikiem są zunifikowane wartości cech charakterystycznych ilościowo ujmujące zunifikowane potrzeby.
4. Typizacja - przyporządkowanie zunifikowanym potrzebom, konstrukcji o optymalnie zróżnicowanych cechach konstrukcyjnych, spełniające głównie kryteria K3, K4, K5, K6 i K7.
5. Zapis konstrukcji typowych.

W zależności od grupy rozważanej rodziny konstrukcji wyróżniono następujące metody typizacji:

- 1 - wyboru,
- 2 - kompilacji konstrukcji,
- 3 - wzorcowych cech konstrukcyjnych,
- 4 - zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego.

Metoda wyboru [4], polega na wyborze z rozważanej rodziny konstrukcji takich konstrukcji, które spełniają kryteria K3 i K7 przyjęto nazywać typowymi. Metoda ta ma ograniczone zastosowanie głównie do rodzin konstrukcyjnych należących do grupy pierwszej.

Metoda kompilacji konstrukcji [4], dostosowana do drugiej grupy rodzin konstrukcyjnych, polega na wyróżnieniu z każdej konstrukcji środka technicznego konstrukcji: elementów, zespołów, zespołów. Poszczególne składniki konstrukcji środka technicznego dzieli się na takie, które można dobrać z katalogów oraz nietypowe. Dla zunifikowanych potrzeb odpowiednio

dobiera się składniki typowe, natomiast dla nietypowych określa się jedynie wartości cech charakterystycznych ujętych tabelarycznie. Gdy zaistnieje potrzeba opracowania kompletnej konstrukcji typowej, dobiera się konstrukcje elementów z katalogów, natomiast dla konstrukcji elementów nietypowych przeprowadza się proces konstrukcyjny.

Metoda wzorcowych cech konstrukcyjnych [4].

Na podstawie kryteriów eksploatacyjnych oraz wytwórczych wyznacza się tzw. cechy konstrukcyjne wzorcowe.

Określona wzorcowa postać konstrukcyjna jest podstawą optymalizacji różnorodności konstrukcji, polegającą na modyfikacji istniejących konstrukcji. Metoda ta zastosowana została dla rodzin konstrukcyjnych należących do grupy trzeciej.

Metoda zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego [4], jest metodą, w której w pełni realizuje się proces projektowo - konstrukcyjny w celu opracowania konstrukcji typowych, a która szczegółowo opisana zostanie w dalszej części artykułu.

W celu całościowego ujęcia procesu tworzenia typoszeregów na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy działań.

Wychodząc od racjonalnie rozpoznanych potrzeb formułuje się założenia pr-ks, po czym podejmuje się proces pr-ks, którego wynikiem są zapisy konstrukcji rodzin konstrukcji w zależności od specjalności biura.

Zapisy konstrukcji są podstawą wytwarzania wytworów, które jako działające środki techniczne zaspokajają potrzeby [1].

Ten sekwencyjno-iteracyjny proces wzbogaca zbiór rodzin konstrukcji. Na skutek nadmiernej różnorodności konstrukcji w obrębie rodziny konstrukcji lub też na podstawie aktualnie rejestrowanej zmienności rodziny konstrukcji podejmuje się decyzje o utworzeniu typoszeregu. Przeprowadza się kolejno: analizę ogólną, analizę szczegółową, unifikację, typizację i zapis konstrukcji typowych. Rozważaną rodzinę konstrukcji zastępuje się typoszeregami, co zaznaczono na schemacie literą T.

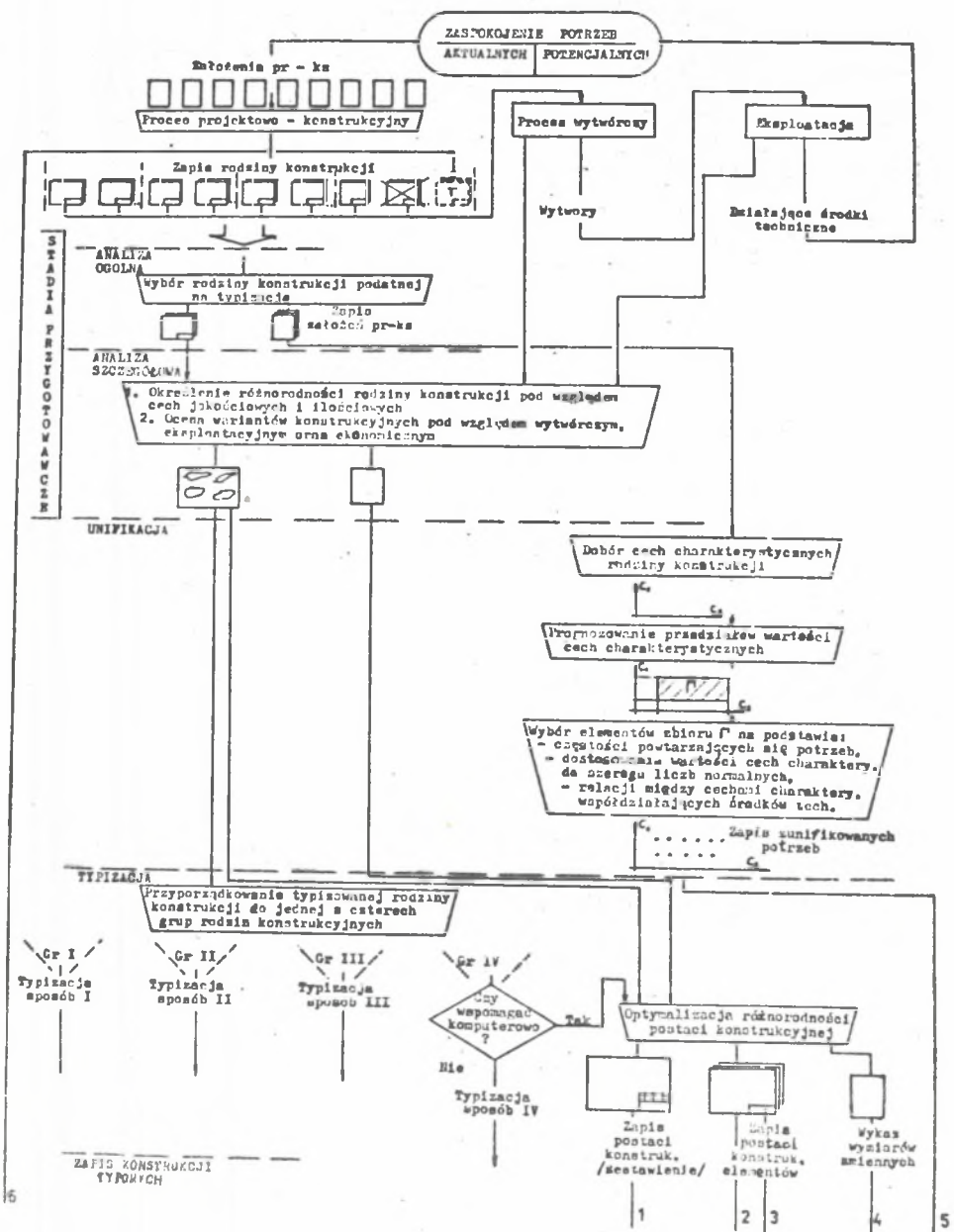
Najbardziej podatne na wspomaganie komputerowe są następujące stadia:

- typizacja,
- zapis konstrukcji typowych.

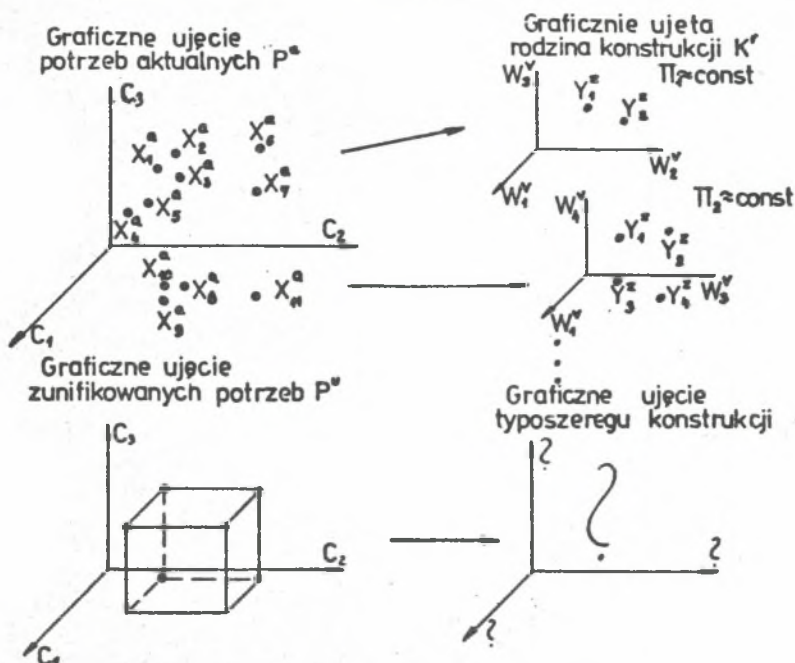
Z czterech przedstawionych w referacie metod typizacji, podjęto próbę szczegółowego przedstawienia wspomaganie komputerowe w metodzie zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego.

4. Typizacja metodą zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego

Wynikiem stadiów poprzedzających typizację jest ocena istniejących wariantów konstrukcyjnych pod względem eksploatacyjnym, wytwórczym i ekonomicznym, jak również zunifikowane wartości cech charakterystycznych. Problem typizacji można zinterpretować następująco (rys.5).



Rys.4. Schemat blokowy procesu tworzenia typoszeregów



Rys.5 Ilustracja problemu typizacji

Jeżeli potrzebom aktualnym odpowiada zbi6r konstrukcji tworzacy rodzinę konstrukcji, to nalezy zastanowic sie, jaki powinien byc zbi6r konstrukcji typowych, kt6ry odpowiadałby zunifikowanym potrzebom.

Wyr6zniono nast6pujace zabiegiby typizacji dokonane metodą zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego:

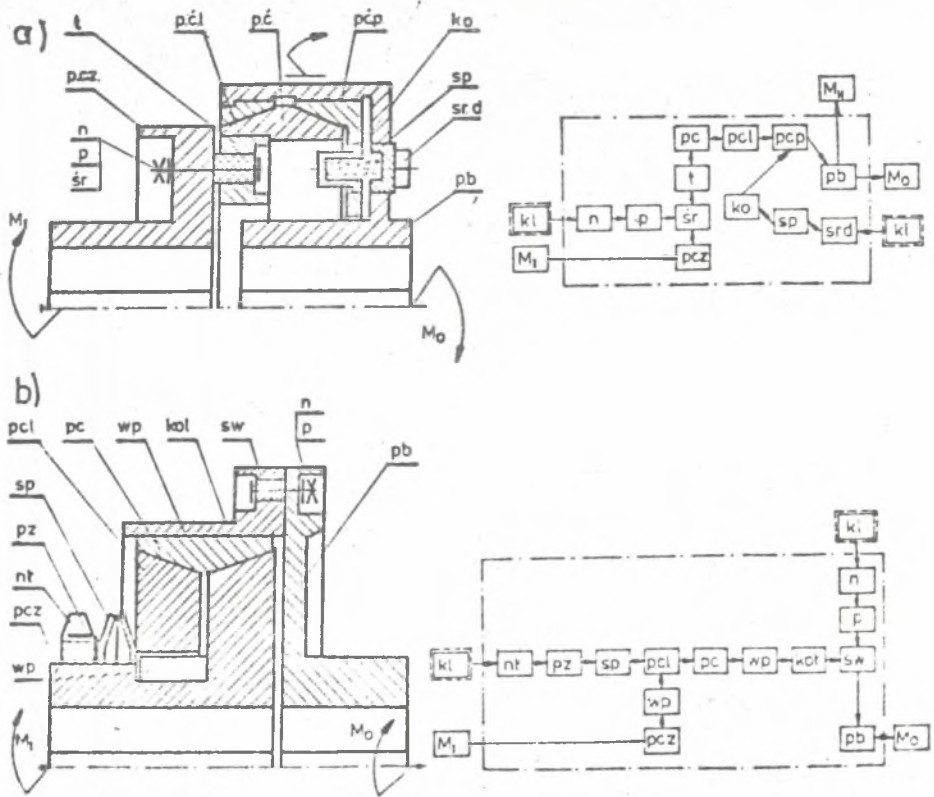
- 1) optymalizacja r6znorodnošci postaci konstrukcyjnej i wyznaczenie układu wymiar6w,
- 2) przyporzadkowanie každy zunifikowanej potrzebie konstrukcji, zmiennej pod wzgłedem wartošci wymiar6w,
- 3) selekcja wymiar6w zmiennych,
- 4) optymalizacja r6znorodnošci wymiar6w.

W6wczas, gdy rozważana jest konstrukcja 6rodka technicznego wieloelementowego, przeprowadza si6 ponownie:

- 5) optymalizacj6 r6znorodnošci wartošci wymiar6w poszczeg6lnych konstrukcji element6w.

Metodę tę, odnoszacy si6 do rodzin konstrukcji nalezacych do grupy czwartej, zweryfikowano na przykladzie sprz6gleł podatno-przeciążeniowych, kt6re byly podzespołami woz6w żużlowych, przenošników.

Optymalizacja r6znorodnošci postaci konstrukcyjnej polega na kryterialnym wyborze systemu, a nast6pnie po zidentyfikowaniu kryteri6w wytw6rzczych - geometrycznej postaci konstrukcyjnej. Optymalizacja ta nie jest podatna na formalizacj6, a korzysta z wynik6w analizy szczeg6łowej.



Rys.6 Uproszczony zapis geometrycznych postaci konstrukcyjnych sprzęgieł oraz ich uszczegółowionych systemów

M_1 - moment wejściowy, M_0 - moment wyjściowy, M_H - moment hamulca.

Na rys.6 przedstawiono fragment zmienności systemowej sprzęgła podatno-przeciążeniowego, któremu odpowiadają geometryczne postaci konstrukcyjne.

Wynikiem tego zabiegu dla sprzęgła jest geometryczna postać konstrukcyjna przedstawiona na rys.6a, którą zmodyfikowano w sposób następujący:

- tam, gdzie to było możliwe, zastąpiono sworznie stożkowe sworzniami walcowymi,
- zmieniono rodzaj tworzywa na pierścienie cierne,
- zmieniono sposób wywoływania nacisków na powierzchnie cierne.

Poprawiono niezawodność działania sprzęgła oraz dostosowano geometryczną postać konstrukcyjną do wytwarzania seryjnego.

Wynikiem optymalizacji jest stała lub nieznacznie zróżnicowana geometryczna postać konstrukcyjna odpowiadająca zuniifikowanym wartościom cech charakterystycznych. Ma ona decydujący wpływ na znaczenie jakości konstrukcyjnej [1] opracowywanego typoszeregu.

Określonej postaci konstrukcyjnej odpowiada stały układ wymiarów sporządzony wg zasad wymiarowania. W skład układu wymiarów wchodzi wymiary stałe oraz zmienne,

$$W^g = W^c \cup W^v.$$

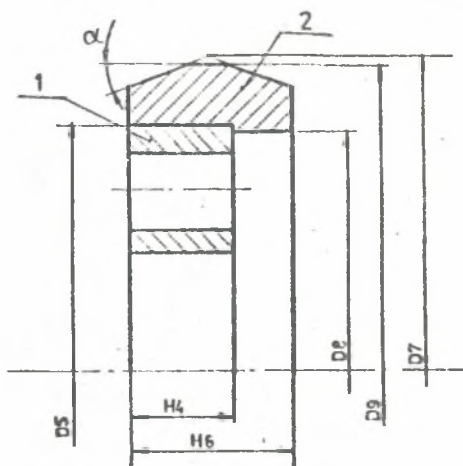
/1/

Zmienne wymiary to takie wymiary, których wartości są funkcją zunifikowanych wartości cech charakterystycznych.

Stałe wymiary to wymiary, które nie zmieniają swojej wartości bez względu na zunifikowane wartości cech charakterystycznych.

Wśród wymiarów zmiennych dokonano selekcji wyróżniając:

- wymiary gabarytowe elementów składowych,
- wymiary sprzężone [2], zewnętrzne i wewnętrzne (rys.7).



Rys 7. Uproszczony zapis konstrukcji współdziałających elementów, gdzie: D_5, H_4 wymiary sprzężone elementu 2

Doboru wartości wymiarów zmiennych dokonuje się na podstawie zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego/stąd się wzięła nazwa metody/.

Jest on zidentyfikowany, gdyż korzysta się z już sprawdzonych:

- warunków wytrzymałościowych,
- warunków geometrycznych,
- ograniczeń wytwórczych i eksploatacyjnych,
- zidentyfikowanych założeń konstrukcyjnych /będących wynikiem doświadczeń/.

Wynikiem procesu konstrukcyjnego jest przyporządkowana zunifikowanej potrzebie p_j^z ($j = \overline{1, N}$) jedna konstrukcja określona przez optymalną geometryczną postać konstrukcyjną oraz stałe i zmienne wymiary,

$$k_i = \prod_{m=1}^m W_m^c \cup W_j^z, \quad m = \overline{1, O}, \quad j = \overline{1, G}, \quad K = \{k_i / i=1, 2, \dots, N\} \quad /2/$$

Od tego momentu przez pojęcie "konstrukcja" rozumie się głównie zbiór cech reprezentowanych przez wyselekcjonowane wymiary,

$$Y^z = \{Y_j^z / j = 1, 2 \dots N\}, \quad /3/$$

a każdy z wymiarów przez ciąg wartości,

$$Y_j^z = (y_{ji}^z) \quad i = \overline{1, G}. \quad /4/$$

Realizując kolejny zabieg typizacji przystępuje się do optymalizacji różnorodności wymiarów. Przeprowadzając optymalizację ma się na uwadze: pole możliwych rozwiązań, którym jest zbiór K konstrukcji, oraz kryteria, którymi są dwa przeciwstawne kryteria K4 i K5.

Wyznaczono dwa podstawowe zabiegi optymalizacji różnorodności wartości wymiarów:

- 1) klasyfikacja zbioru K konstrukcji,
- 2) wybór reprezentantów klas.

W pierwszym zabiegu zastosowano teorię automatycznej klasyfikacji, którą dostosowano do potrzeb klasyfikacji konstrukcji. Klasyfikację konstrukcji przeprowadzono dwustopniowo:

Dla założonej liczby klas β /z badanego zakresu liczby klas/. Wyznaczono układ klas spełniający kryterium K5, zapisane w formie matematycznej następującą zależnością,

$$H(U_\beta) = \sum_{m=1}^{\beta} h(A_m) \rightarrow \text{Min}_{U_\beta \in X_\beta}, \quad /5/$$

gdzie:

$h(A_m)$ - miara rozpoznania klasy A_m określona zależnością,

$$h(A_m) = \frac{1}{2|A_m|} \sum_{i \in A_m} \sum_{o \in A_m} d_{oi}^2, \quad /6/$$

gdzie:

d_{oi}^2 - miara Euklidesowej różnorodności dwu konstrukcji k_i, k_o .

Dla każdego optymalnego układu klas U_β^* wyznacza się miarę sumarycznego odseparowania między klasami wg zależności:

$$D_{An Am} = \frac{1}{N_n N_m} \sum_{p \in A_n} \sum_{r \in A_m} d_{pr}^2 \quad /7/$$

Ze względu na dużą liczbę możliwych układów klas, np. przy liczbie klasyfikowanych konstrukcji $N = 15$ oraz zadanej liczbie klas $\beta = 5$, można utworzyć $2,7 \cdot 10^9$ różnych układów klas, /co można wyznaczyć na podstawie zależności Eisena [5]/.

Aby skutecznie spełnić kryterium /5/ opracowano liczny zbiór algorytmów klasyfikacji. Algorytmy te można ująć w dwie grupy:

- algorytmy iteracyjnej klasyfikacji - wyznaczające układ klas spełniający kryterium /5/ poprzez udoskonalenie wstępnego układu klas,
- algorytmy hierarchicznej klasyfikacji - której wynikiem jest zapis klasyfikacji w postaci dendrogramu.

W drugim stopniu klasyfikacji podstawą wyznaczenia optymalnego układu klas /przy zmiennej liczbie klas / jest funkcja celu określona zależnością:

$$G(U_\beta^*) = \left(\frac{1}{\beta}\right) D(U_\beta^*) - \frac{1}{\beta} H(U_\beta^*) \rightarrow \text{Max} \quad /8/$$

Podstawą wyboru konstrukcji z klasy A_m były:

- maksymalne wartości cech charakterystycznych odpowiadające konstrukcjom $k_i \in A_m$,
- częstości powtarzających się potrzeb.

Jeżeli przedmiotem optymalizacji były konstrukcje wieloelementowe,

$$k_1 = e^1_{k_1} \cup e^2_{k_1} \cup \dots \cup e^R_{k_1} \cup e^1_{k_1}{}^T \cup e^2_{k_1}{}^T \cup \dots \cup e^S_{k_1}{}^T,$$

gdzie:

e_j - oznaczenie dotyczące j-tęej konstrukcji elementu,

$e^j_{k_1}$ - konstrukcja elementu poddana typizacji,

$e^j_{k_1}{}^T$ - konstrukcja elementu już typowa /dobrana z katalogu lub norm/,

to konstrukcje będące reprezentantami klas nazwano wstępnie typowymi. W takim przypadku podjęto ponownie optymalizację wartości wymiarów, lecz przedmiotem rozważań były kolejne konstrukcje elementów, $e^j_{k_1}$, $j = \overline{1, R}$ reprezentowane przez zmienne wymiary elementu e_j ,

$$e^j_{Y^z} = \{ e^j_{Y^z}_k / k = 1, 2, \dots, Z_1 \},$$

gdzie każdy wymiar reprezentowany jest przez ciąg wartości:

$$e^j_{Y^z}_k = (e^j_{y_{k1}})_{1 = \overline{1, j_G}}$$

Podstawą wyboru reprezentantów klas na poziomie elementów były:

- maksymalne wartości cech charakterystycznych elementu [3],
- zachowanie tożsamości wymiarów sprzężonych.

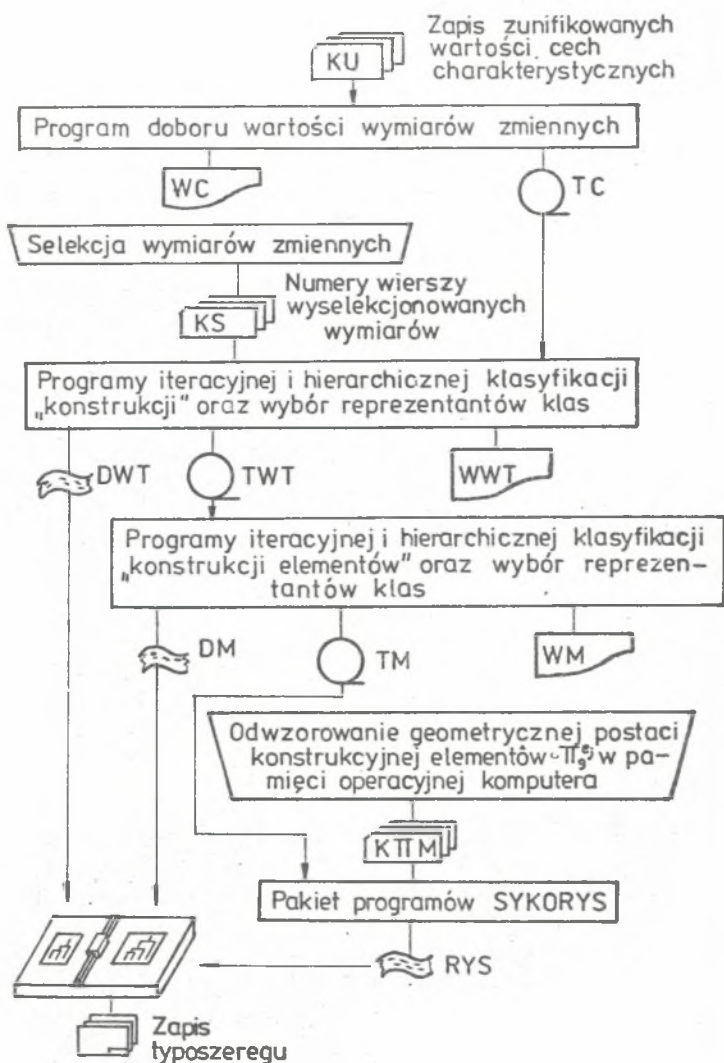
W przypadku sprzężła podatno-przeciążeniowego cechy charakterystyczne elementów oraz wymiary sprzężone między elementami zapisano w postaci grafu, (rys.8).

Wybrane konstrukcje elementów nazwano modułami konstrukcyjnymi elementów $e^j_{K^M} = \{ e^j_{k_1} / l_1 = 1, 2, \dots, T_e \}$, $j = \overline{1, R+S} / 8/$, które dobierane według reguł doboru ostatecznie wyznaczają konstrukcje typowe:

$$K^T = \{ k^T_j / j = 1, 2, \dots, Z \}. \quad /9/$$

Reguły doboru modułów konstrukcyjnych wyznacza się otwarzając kolejne przekształcenia zbioru K . [3].

Optymalizacja wartości wymiarów wpływa głównie na licznosci opracowanego typoszeregu.



Rys.9 Schemat wspomaganie nowoczesnymi środkami przetwarzania informacji w typizacji metodą zidentyfikowanego procesu konstrukcyjnego

- 6) iteracyjna klasyfikacja konstrukcji elementów oraz wybór reprezentantów klas,
- 7) hierarchiczna klasyfikacja konstrukcji elementów,
- 8) zapis dendrogramów,
- 9) wybór reprezentantów klas tworzących moduły konstrukcyjne,
- 10) zapis wyników optymalizacji oraz przygotowanie danych do zapisu modułów konstrukcyjnych /konstrukcji typowych/,
- 11) zapis konstrukcji.

Powyższe działania wymagają również działań manualnych, na które składają się:

- 1) weryfikacja uzyskanych wyników,
- 2) odwzorowanie postaci konstrukcyjnej elementów w pamięci operacyjnej komputera za pomocą kodu opracowanego w Instytucie Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn [6].

W wyniku prac nad procesem tworzenia typoszeregów konstrukcji opracowano pakiet integralnie powiązanych programów, na który składa się 8 programów. Programy GEN5, GEN11, GEN15, GEN9, GEN11, GEN15, GEN15" mogą być zastosowane do typizacji różnych rodzin konstrukcji. Natomiast programy doboru zmiennych wartości wymiarów oraz odwzorowania postaci konstrukcyjnej elementów muszą być sporządzone każdorazowo oddzielnie dla różnych rodzin konstrukcji. Obliczenia przeprowadzono na maszynie cyfrowej ODRA1305, a automatyczny zapis na DIDIGRAFie1612. Opisy programów przedstawiono w pracy [7].

LITERATURA

- [1] Dietrych J.: System i konstrukcja. Warszawa, WNT 1978.
- [2] Dietrych J.: Projektowanie i konstruowanie. Warszawa, WNT 1974.
- [3] Gendarz P.: Podstawy optymalizacji różnorodności konstrukcji środków technicznych w procesie tworzenia typoszeregów. Praca doktorska Pol. Sl. Gliwice 1982.
- [4] Gendarz P., Knosala R.: Metodyczne podstawy unifikacji i typizacji konstrukcji środków technicznych. Problemy Projektowe Hutnictwa i Przemysłu Maszyn 1981 nr 3 ss.139-143.
- [5] Eisen M.: Elementary Combinatorial Analysis. New York: Gordon and Breach 1969.
- [6] Winkler T.: Opis systemu "Sykorys 2". Materiały wewnętrznego użytku Instytutu Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn. Gliwice 1982.
- [7] Gendarz P.: Podstawy optymalizacji różnorodności konstrukcji środków technicznych w procesie tworzenia typoszeregów. Aneks pracy doktorskiej 1983.

COMPUTER AIDED CREATING THE TYPE RANGE
OF TECHNICAL MEANS FAMILY

S u m m a r y

In the paper, the possibilities of computer aided activities, aimed to families of technical means creating, have been reported. First of all, analysis of a/m possibilities have been made for unifying and typifying process.

ВОСПОМОГАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ТИПОРЯДА
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Р е з ю м е

В статье представлено вспомогание действия разработки типоряда технических средств с помощью ЭВМ. Создано систем критериев и потом на этой основе стадии процесса создания типорядов на ЭВМ.