

NOWA METODA BUDOWY RODZIN KONSTRUKCJI (SPRĘŻYNOWE UKŁADY ODCIĄŻAJĄCE BRAM GARAŻOWYCH)

Sebastian GŁOWALA*, Bogdan BRANOWSKI*

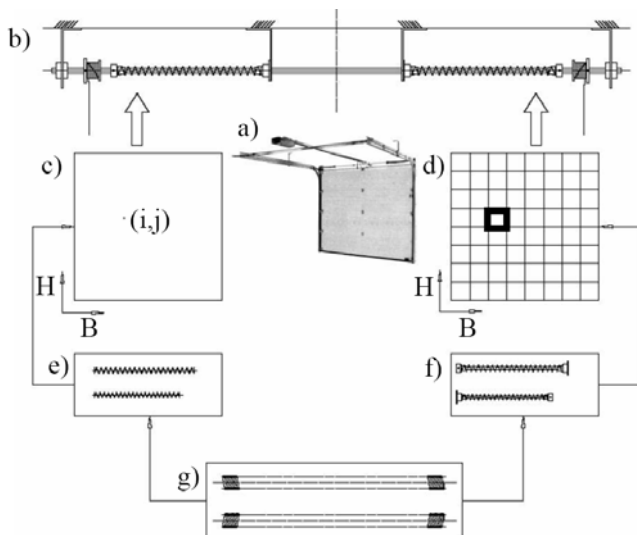
*Zakład Metod Projektowania Maszyn, Instytut Silników Spalinowych, Politechnika Poznańska, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

s.glowala@konto.pl, bogdan.branowski@put.poznan.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono metodę zarządzania wariantami bram garażowych w procesie rozwoju produktów przez rozpoznanie przyczyn różnorodności i zastosowanie zasad prawidłowego wariantowania. Zastosowano analizę procesów produktu pozwalającą na budowę rodziny części (sprężyn) uporządkowanych w sparametryzowanych katalogach. W pracy analizuje się najczęściej stosowany odciażający układ dwóch skrętowych sprężyn śrubowych walcowych z drutu o przekroju kołowym z napięciem wstępnym zwojów. Nowe podejście do projektowania typoszeregów mieszanych bram jest oparte na analizie statystycznej produkcji i zasadach budowy ekonomicznych rodzin konstrukcji.

1. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU

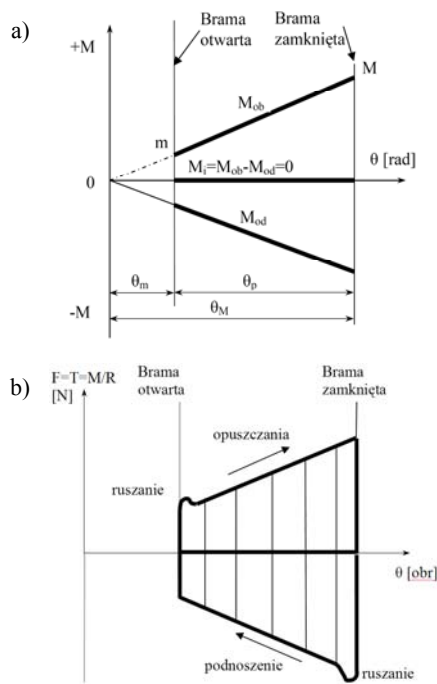
Rozpatrywane w pracy bramy garażowe tworzą rodzinę tzw. modułarnych konstrukcji segmentowych, zbudowanych z połączonych konstrukcyjnych i technologicznych modułów segmentów, wyróżnionych ze względu na funkcje techniczne lub aspekty techniczno-wykonawcze.



Rys. 1. Typy projektowania bram garażowych „ad individuum” i „ad universum”: a – typowa konstrukcja segmentowej bramy garażowej z odciażającym układem sprężyn skrętowych; b – układ odciażający ze sprężynami skrętowymi, bębniami linowymi, mufami i wałem; c – zindywidualizowane projektowanie układu odciażającego dla punktu (i,j) powierzchni wymiarów otworu bramy; d – uniwersalne projektowanie układu odciażającego dla komórki typoszeregu wymiarów (B, H) bramy; e – wytworzony u producenta i zmontowany układ sprężyn; f – wytworzony i zmontowany u dostawcy układ sprężyn; g – wstęga jako półfabrykat sprężyn

W konstrukcji bram można wyróżnić dwa zasadnicze układy: roboczy (skrzydło segmentowe z prowadnicami tocznymi) i odciażający (zespół napiętych wstępnie sprężyn lewych i prawych z wałem i bębniami linowymi i linkami). W projektowaniu układów odciażających bram najczęściej stosowana jest metoda projektowania „ad individuum” (rysunek 1 c). W tej metodzie dla zadanych wymiarów B, H otworu bramy dobiera się sprężyny odciażającego układu (rysunek 1 e) cięte na długość z dostarczonych przez dostawcę wstęp sprężynowych (rysunek 1 g) i montowane u producenta bram. Przy dużej różnorodności wymiarów B, H lub też powtarzalności typowych wymiarów (B_i, H_j) bram każdorazowo proces projektowania jest wznowiany. W przyjętej przez autorów metodzie uniwersalnego projektowania każdej komórce typoszeregów bram (rysunek 1 d) przyporządkowany jest jeden lub kilka układów sprężyn odciażających, które mogą być podstawą zadań oceny i wyboru kryterialnego lub arbitralnego układu odciażenia. Sprężyny z wmontowanymi mufami są wykonywane u dostawcy sprężyn (rysunek 1 f). Ich różnorodność jest mała, co zwiększa wielkość serii produkcyjnej.

Jądrem algorytmu obliczeniowego jest założenie odciażenia całkowitego, to znaczy zrównoważenia momentu sił ciężkości skrzydła bramy przez siły sprężystości układu dwóch sprężyn w dowolnej pozycji skrzydła (rysunek 2 a). Ta zasada równowagi momentu obciążenia i odciażenia skrzydła bramy ma charakter czysto teoretyczny. Praktyczny sens modelowania elementów odciażających skrzydła nadaje tarcie występujące zarówno w układzie prowadnic skrzydła, jak i w łożyskach wału, a także w sprężynach. Zachowawczy charakter tarcia (rysunek 2 b) powoduje przyrost siły zewnętrznej przy podnoszeniu i obniżenie siły przy opuszczaniu skrzydła. Nieustalony charakter tarcia utrudnia projektowanie (kinetyczny i statyczny współczynnik tarcia, zależność współczynnika tarcia od zmiennych nacisków, prędkości i warunków otoczenia np. temperatury). Dynamika układu ma mniejszy wpływ na jego działanie, zwłaszcza przy napędzie ręcznym skrzydła (Branowski i Głowala S, 2007).



Rys. 2. Charakterystyka równoważenia systemu skrzydła: a) ogólna zasada równoważenia bramy, b) hipotetyczny przebieg zmian siły zewnętrznej F równej sile tarcia T , przy podnoszeniu i opuszczaniu skrzydła bramy (R - promień bębna linowego) (Branowski i Głowala, 2007)

Zależności opisujące system równoważenia skrzydła bramy zostały podane w pracach (Branowski i Głowala, 2007; PN-EN 12604:2002) i powinny z założoną dokładnością (maksymalnym odchyleniem wartości siły zgodnym z normą) spełniać równanie (1).

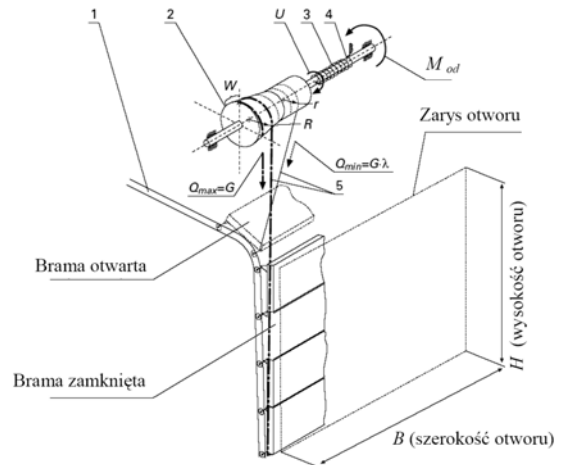
$$M_{ob}(\theta) = M_{od}(\theta) \quad \text{dla} \quad \theta_m \leq \theta \leq \theta_M; \quad (1)$$

Zmienny moment obciążający M_{ob} , pochodzący od skrzydła bramy, powinien zostać zrównoważony momentem M_{od} układu odciążającego.

2. ANALIZA STATYSTYCZNA RÓŻNORODNOŚCI SEGMENTOWYCH BRAM GARAŻOWYCH I BUDOWA TYPOSZEREGU

W dotychczasowym procesie projektowania bram w większości firm układ sprężyn odciążających dobierano dla zadanych wymiarów B , H otworu bramy (rysunek 3).

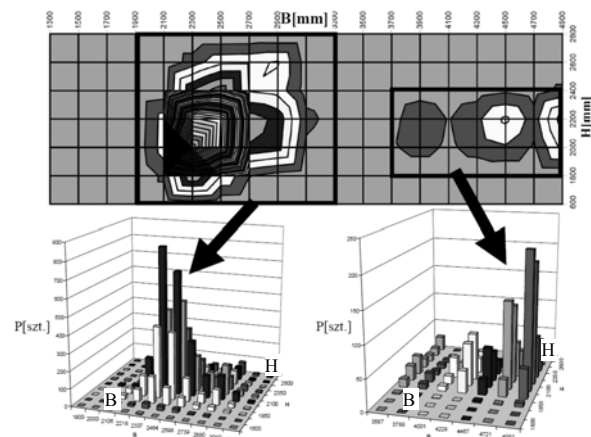
Przy rocznym programie produkcyjnym bram około 10 tys. szt. różnorodność dwóch sprężyn układu odciążającego wynosi około 20 tys. szt., przy czym często powtarzają się te same sprężyny przy zbliżonych i uprzywilejowanych wymiarach bram. Same sprężyny są wykonywane z ograniczonej liczby półfabrykatów (tzw. wstęp) w dwóch typoszeregach (lewych L i prawych P sprężyn) o pięciu typowymiarach podstawowych iloczynu średnicy drutu i wewnętrznej średnicy sprężyny dxD (5,0x51; 5,5x51; 6,0x51; 6,5x67; 7,0x67 mm) o długości 3000mm.



Rys. 3. Zasadniczy schemat wyrównoważenia: 1 – przewodnica; 2 – bęben; 3 – sprężyna skrętowa; 4 – wał; 5 – lina (Cap, 2008)

Zmiennymi decyzyjnymi w projektowaniu są: rodzaj kombinacji typowymiarów sprężyn oraz długości L_L i L_P sprężyn, które dopasowują charakterystykę układu odciążającego do charakterystyki bramy.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki analizy częstości występowania liczby $p(B, H)$ garażowych bram segmentowych o określonym zakresie wymiarów otworu bramy $B = \langle 1300, \dots, 4900 \rangle$ mm i $H = \langle 1600, \dots, 2800 \rangle$ mm w rocznym programie produkcyjnym określonego producenta.



Rys. 4. Analiza skupisk rozwiązań konstrukcyjnych bram jako podstawa podziału przestrzeni rozwiązań na dwa typoszeregi bram (Branowski i Głowala, 2007)

Z reprezentacji geometrycznej (rysunek 4) rozkładu $p(B, H)$ przy $\Delta B = \Delta H = 200$ mm wynika, że występują dwa skupiska liczb bram: dominujący obszar zastosowań dla zakresu wymiarów 1900, ..., 3300 mm = $B \times H = 1600, \dots, 2800$ (produkcja wielkoseryjna, przy garażach dla jednego pojazdu) i ważny obszar zastosowań 3700, ..., 4900 mm = $B \times H = 1800, \dots, 2400$ (produkcja seryjna, przy garażach dla dwóch pojazdów). W pozostałych komórkach obszaru pozostało jedynie 191 bram (ok. 2% bram nietypowych).

Wychodząc z podstawowych zależności momentu M (zal. 2) przy otwartej bramie i sztywności umownej układu R_z (zal. 3) sprężyn jako funkcji dwóch zmiennych wymia-

rów bramy B , H (patrz rysunek 2),

$$M = (a \cdot q_{sr}) \cdot B \cdot H \cdot R; \quad (2)$$

$$R_z = R_L + R_p = (M - m)/(H/R); \quad (3)$$

można wyznaczyć rachunkiem różniczkowym (4) zmiany względne $\Delta M/M$ i $\Delta R_z/R_z$ wywołane małymi zmianami parametrów ΔB i ΔH :

$$\frac{\Delta M}{M} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta H}{H}; \quad \frac{\Delta R_z}{R_z} = \frac{\Delta B}{B} + \frac{250}{H-250} \cdot \frac{\Delta H}{H} \approx \frac{\Delta B}{B}; \quad (4)$$

co oznacza, że zmiany sztywności układu sprężyn są mało zależne od wymiaru H . Przyjmując kryterium podobnej wartości błędu względnego sztywności układu sprężyn $\Delta R_z/R_z$ dla dowolnej komórki można założyć, iż stopniowanie szerokości komórek ΔB_i (zal. 5) wzdłuż szerokości B (zal. 6) bramy powinno zachodzić wg postępu geometrycznego (Pahl i Beitz, 1984):

$$\Delta B_i = \Delta B_0 \cdot \varphi^{i-1} = 100 \cdot 1,06^{i-1}; \quad (5)$$

$$B_i = B_0 + \Delta B_0 \cdot (\varphi^i - 1)/(\varphi - 1) = 1900 + 100 \cdot (1,06^i - 1)/0,06 \quad (6)$$

a stopniowanie wysokości komórek ΔH_j (zal. 7) pozostawać stałe wzdłuż wysokości H bramy:

$$H_j = H_0 + \Delta H_0 \cdot j = 1600 + 125 \cdot j; \quad \Delta H_j = \Delta H_0 = 125; \quad (7)$$

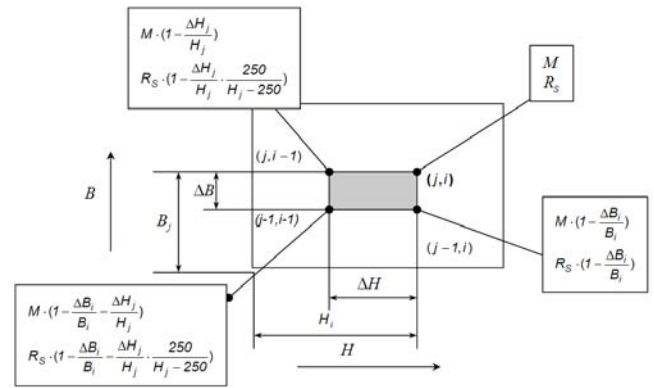
gdzie: indeksy i, j wyznaczają komórke typoszeregu.

Przy transformacji wspomnianych punktów (i, j) prostokąta $\Delta B_i \times \Delta H_j$ na płaszczyźnie (M, θ_p) uzyskuje się równoległobok, na którym można oznaczyć charakterystykę sztywności sprężyn. W każdym z wierzchołków równoległoboku na rysunku 5, czyli bramie o określonych wymiarach, występują różne wartości parametrów M i R_z .

W koncepcji autorów miarodajnymi parametrami komórki (i, j) typoszeregu bram są: maksymalny moment komórki $M(i, j)$ i średnia sztywność komórki R_{zsr} (zal. 8) równa:

$$R_{zsr} = 0,25 \cdot R_z \cdot \left(4 - 2 \cdot \frac{\Delta B_i}{B_i} - 2 \cdot \frac{\Delta H_j}{H_j} \cdot \frac{250}{H_j - 250}\right) = R_z \cdot \left[1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\Delta B_i}{B_i} + \frac{\Delta H_j}{H_j} \cdot \frac{250}{H_j - 250}\right)\right] \quad (8)$$

W celu zwiększenia dokładności odwzorowania charakterystyki bramy przez charakterystykę sprężyn przyjęto sprężynę prawą jako główną sprężynę zespołu ze względu na przenoszony moment, a sprężynę lewą jako sprężynę regulacyjną zapewniającą dokładność odwzorowania układu. Taki układ sztywnej sprężyny głównej o małej liczbie zwojów i podatnej sprężyny regulacyjnej o znacznie większej liczbie zwojów powinien zapewnić nieznaczny wzrost masy (kosztów) sprężyn w typoszeregach bram. Zadana charakterystyka zespołu sprężyn wynika ze współpracy dwóch równoległe połączonych sprężyn.



Rys. 5. Zmiany momentu M i zmiany sztywności R_s w elementarnej komórce $\Delta B \times \Delta H$ typoszeregu bram

Przedstawione postacie charakterystyk bramy i zespołu sprężyn podano z wprowadzonymi do algorytmizacji odchyłkami obciążeń w granicznych położeniach zasuw bramy (dodatnia ΔM i ujemna odchyłka Δm zapewniają samopozycjonowanie bramy).

W budowie algorytmu obliczeniowego układu dwóch sprężyn śrubowych skrętowych przyjęto, że graniczne momenty skręcające sprężyn, wynikające z wytrzymałości na zginanie zwoju o tych samych wymiarach średnicy drutu d i wewnętrznej średnicy sprężyny D są takie same w obu sprężynach (zal. 9) $M_{dopl} = M_{dopp}$, gdyż nie zależą od różnych co do wartości liczb zwojów czynnych ($n_{pL} \neq n_{pP}$) sprężyn (Meissner i Wanke, 1988):

$$M_{dopl} = M_{dopp} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \frac{1}{k} \cdot \sigma_{gdop}; \quad (9)$$

gdzie: współczynniki poprawkowe naprężeń $k = (4w-1)/(4w-4)$ przy wskaźniku w sprężyny $w = D_m/d = (D/d) + 1$ naprężenia dopuszczalne $\sigma_{gdop} = R_m$ przyjęto dla sprężyn zwinionych zgodnie z kierunkiem obciążania przy obciążeniu quasi-statycznym przy liczbie cykli $N = 10^4$ zmian obciążenia. Oprócz podanych powyżej warunków wytrzymałościowych ($M_{sp} \leq M_{dop}$) oraz warunku zmęczeniowego algorytm został uzupełniony o innego typu ograniczenia (zal. 10) pozwalające na montaż układu sprężyn:

$$B \geq S \cdot (L + T) = 2 \cdot [(n_p + n_d) \cdot d + T] = 2 \cdot [(n_p + 8) \cdot d + 275] \quad (10)$$

gdzie: L – suma długości sprężyny lewej i prawej, T – nadatek szerokościowy.

Powyższe ograniczenie zapewnia miejsce na zamontowanie bębnow, elementów mocowania wału oraz ewentualnego napędu. Sprawdzano również czy obie sprężyny działają jako elementy odciążające w całym zakresie podnoszenia skrzydła $\theta_{mp} \geq 0$ i $\theta_{ml} \geq 0$. Jednocześnie analizując możliwe dopuszczalne odchyłki i ograniczenia bramy w algorytmie sprawdzano czy siła potrzebna do zmiany pozycji skrzydła w skrajnych położeniach jest mniejsza od 150N (zal. 11).

$$|M - M_s| \leq 150 \cdot R; \quad |m - m_s| \leq 150 \cdot R \quad (11)$$

W celu znalezienia dopuszczalnego rozwiązania wszystkie powyższe ograniczenia sprawdzano również dla

drugiego punktu charakterystycznego o parametrach $(i-1, j-1)$ dającego maksymalne błędy.

Budując algorytm należy jednocześnie pamiętać o niemodelowanych zjawiskach takich jak: niedokładność metod obliczeniowych momentu obciążenia ciężarem skrzydła bramy i momentu odciążenia sprężynami; odchyłki wykonawcze i odkształcenia sprężyste elementów systemu w produkcji i montażu bramy; odchyłki charakterystyk produkcyjnych sprężyn i ich nastaw montażowych; zmiany stanów zjawisk niedoskonałości sprężystej w sprężynach skrętowych (zmęczenie, histereza, relaksacja) w procesie użytkowania bramy.

3. OBLICZENIA NUMERYCZNE DOBORU UKŁADU SPRĘŻYN DLA TYPOSZEREĞU BRAM

Na podstawie powyższych zależności został zbudowany algorytm, który był podstawą oprogramowania komputerowego zaimplementowanego w języku Fortran. Program współpracował z wcześniej podaną pierwotną bazą lewych i prawych sprężyn.

Analizując otrzymane wyniki doboru par sprężyn okazało się, iż część elementów z pierwotnej bazy danych sprężyn nie pojawia się w rozwiązaniach dopuszczalnych dla określonego typoszeregu, a kilka sprężyn występuje tylko w jednej ze 136 komórek dwóch powstałych typoszeregów. W 19 komórkach typoszeregów nie występowały rozwiązania. Modyfikując bazę danych walcowych skrętowych sprężyn usunięto elementy nie występujące oraz dodano cztery nowe sprężyny pozwalające zapełnić komórki nie mające rozwiązań. W celu znalezienia rozwiązań dla „pustych” komórek opierając się o dane literaturowe założono $M_{obl}=M_{dop}$. Dzięki powyższemu postępowaniu otrzymano rozwiązania dla każdej z komórek. W przypadku niektórych elementów typoszeregu występowało kilkanaście możliwych rozwiązań, co pozwalało na dalszą eliminację sprężyn.

Ostatecznie, przy przedstawionej procedurze budowy algorytmu, jego ograniczeniach przy dopuszczalnym błędzie momentu $\Delta M/M=\pm 10\%$ w dolnym położeniu skrzydła bramy, otrzymano 16 sprężyn prawych i 18 sprężyn lewych.

Wyniki poddano walidacji w celu sprawdzenia wartości błędu, jak również poprawności działania algorytmu dla losowo wybranych punktów z każdej komórki typoszeregu. Algorytm sprawdzający został zaimplementowany w programie Excel i połączony z wyjściowym plikiem z Fortran-a. Program sprawdzał wartości błędów momentów oraz sztywności. Obliczenia sprawdzające potwierdziły poprawność założeń, a otrzymane wyniki w pełni spełniały wymagania.

Podaną metodę budowy typoszeregów bram zespołonych z układami sprężyn odciążających należy uznać za w pełni poprawną. Błędy momentów $\Delta M/M$ w dolnym położeniu bramy są mniejsze od dopuszczalnych. Stosunkowo duże wartości odchyłek $\Delta m/m$ nie zakłócają prawidłowego funkcjonowania bramy, gdyż spełniają warunek normalizacyjny maksymalnej siły statycznej, jaką powinien przyłożyć użytkownik w celu zmiany położenia bramy.

Na podstawie otrzymanych danych oraz wyników

przeprowadzono analizę rocznego kosztu układów odciążających, który wykazał dwunasto-procentowy wzrost całkowitej ceny układów odciążających. Duża różnica kosztów skłoniła autorów do dalszych prac nad projektowaniem typoszeregów układów odciążających segmentowych bram garażowych.

4. NOWE PODEJŚCIE DO PROJEKTOWANIA TYPOSZEREĞÓW

W większości przypadków projektowania typoszeregów dąży się do ścisłej typizacji jednostek konstrukcyjnych o sztywno ustalonym zagęszczeniu członów typoszeregu (Cap, 2008). W stopniowaniu typoszeregu bierze się pod uwagę wiele kryteriów. Zagęszczanie typoszeregów umożliwia lepsze zaspokojenie potrzeb rynku przy jednoczesnym zwiększeniu różnorodności produktów. Często wymagania konstrukcyjne lub produkcyjne wielkości partii narzucają potrzebę kompromisów stopniowania (Pahl i Beitz, 1984).

Ustalenie optymalnego zagęszczenia typoszeregu jest zadaniem, które należy rozwiązywać tylko przy całościowym rozpatrywaniu systemu rynek-konstrukcja-produkcja-zbyt, w naszym przypadku produkcja-zapotrzebowanie. Ponieważ zagęszczenie optymalne można uzyskać tylko w wyniku koordynacji wymienionych aspektów zagadnienia, nie zawsze jest celowe ustalenie jednakowego przedziału między członami typoszeregu. Często ze względu na kryteria techniczne i ekonomiczne korzystniej jest zakres wszystkich wielkości podzielić na różniące się między sobą przedziały.

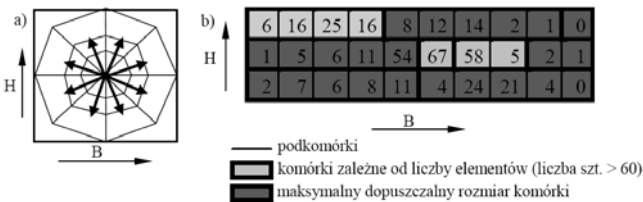
Czasami, ze względów ekonomicznych, ujednotacza się pewne zakresy częściowe, a tym samym ich stopniowanie i realizuje jednolite stopniowanie w całym zakresie (typoszeregi podobne połowicznie).

Autorzy podjęli próbę opracowania nowego podejścia do zagadnienia budowy typoszeregu w oparciu o analizę statystyczną. Pierwsze idee (rysunek 6 a) polegały na budowie typoszeregu, którego komórki rozchodzą się od globalnego maksimum liczby bram we wszystkich kierunkach. Podejście takie nastęrcza trudności w opisie poszczególnych elementów typoszeregu. Nie uwzględnia się przy tym wielu lokalnych maksimum, dla których komórki powinny się zmniejszać. Z tych względów zaniechano dalszych prac nad tym podejściem. W dalszych pracach nad rozwojem metod budowy typoszeregów powiązано klasyczne podejście oparte na podobieństwie geometryczno-arytmetycznym z wspomnianą zasadą hierarchii ważności „im większa liczba bram na powierzchni B, H , tym mniejsze rozmiary komórki B_i, H_j .”

Podstawowy obszar typoszeregu podzielono na „podkomórki” (rysunek 6 b) o stałym przyroście $\Delta B=20\text{mm}$, $\Delta H=120\text{mm}$. Każda podkomórka ma przypisaną liczbę $A_{i,k}$ sztuk występujących w danym obszarze. Tak podzielony obszar jest bazą do budowy typoszeregu mieszanego. Zgodnie z typoszeregiem geometryczno-arytmetycznym określono maksymalny przyrost szerokości komórki głównej typoszeregu, która wynosi 100 mm czyli 5 podkomórek. Przy budowie typoszeregu wielkość komórki określają dwa kryteria:

- **kryterium liczby sztuk** $A_{i,k}$, jeśli w jednej podkomórce liczba sztuk jest mniejsza niż określona jako krytyczna (w naszym przypadku założono liczbę 60 sztuk) wtedy do tej podkomórki dodaje się liczbę elementów będących w następnej podkomórce, przy czym maksymalna liczba sumowanych podkomórek wynosi 4. Jeśli liczba zsumowanych elementów przekroczy wartość ustaloną wówczas kończymy sumowanie komórek i projektujemy układ odciażający dla danych wymiarów. W ten sposób liczba elementów wpływa na szerokość komórki typoszeregu (minimalny rozmiar komórki $\Delta H=120$, $\Delta B=20$);
- **kryterium maksymalnego wymiaru komórki**, jeśli niespełnione jest pierwsze kryterium to zakłada się maksymalny dopuszczalny rozmiar komórki typoszeregu ($\Delta H=120$; $\Delta B=100$).

Przy dzieleniu obszaru na komórki typoszeregu często ostatnie zakresy są mniejsze ze względu na ograniczenie obszaru do zadanych pierwotnie wymiarów (rysunek 6 b). Mimo to w komórkach tych układ jest dobierany, a nie projektowany (projektowanie układu odciażającego następuje tylko przy przekroczeniu zadanej liczby elementów).



Rys. 6. Nowe podejścia do projektowania typoszeregów: a) kierunki rozkładu komórek w typoszeregu opartym na rozkładzie statystycznym, w którym wierzchołek typoszeregu pokrywa się z maksymalną liczbą elementów; b) przykładowy typoszereg mieszany

Tab. 1. Analiza kosztów przy różnych metodach projektowania

Analiza kosztów sprężyn przy różnych metodach budowy typoszeregu			
Typ projektowania	„ad individuum”	„ad universum”	mieszany
Cena sprężyn	306 261	440 187	388 950
Koszty osobowe 2 pracowników produkcji	45 000	0	0
Koszty osobowe projektantów i logistów	90 000	30 000	30 000
SUMA [zł]	441 261	470 187	418 950

Przy przedstawionym podejściu wymiary wielkości komórek są w przybliżeniu (ze względu na podział obszaru typoszeregu na skończoną liczbę podkomórek) odwrotnie proporcjonalne do liczby produkowanych bram. Maleją błędy funkcji odciażenia $M_{od}-M_{ob}=0$. Wprawdzie nieco wzrosła liczba sprężyn prawych (z 16 do 24) i lewych (z 18 do 26) układów odciażających bram, lecz zmieniły się koszty wytwarzania sprężyn.

W tabeli 1 przedstawiono roczne zestawienie kosztów przy standardowym projektowaniu oraz układzie mieszanym. Powyższa analiza jest słuszna przy założeniu, iż koszty wytwórcze są stałe oraz cena 1kg sprężyny wynosi 5,08zł. Jednostkowa cena układu odciażającego bramy przy

mieszanej metodzie projektowania typoszeregu obniżyła się w stosunku do klasycznej metody projektowania typoszeregu.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej zbudowano dwa typoszeregi układów odciażających pozwalające zapełnić 98% zapotrzebowania rocznego bram. Określono, iż w celu doboru sprężyn miarodajną dla każdej komórki jest średnia sztywność.

Dzięki założeniom przedstawionym w pracy powstała pierwotna baza danych sprężyn pozwalająca na dalsze zabiegi prowadzące do znacznego ograniczenia różnorodności produktu.

Zaproponowano „nowe” podejście do projektowania typoszeregu pozwalające uzyskać „podwójne” korzyści: wynikające z budowy typoszeregu oraz wynikające z optymalizacji układu w komórkach gdzie występują największe liczby sztuk.

LITERATURA

1. **Branowski B** (1997), *Sprężyny metalowe*, PWN, Warszawa.
2. **Branowski B., Głowala S.** (2007), *Kombinatoryka w projektowaniu typoszeregów garażowych bram segmentowych o małej liczbie i różnorodności odciażających elementów sprężystych*, Projekt badawczy dla firmy KRISPOL Sp. z o.o., Psary Małe.
3. **Cap J.** (2008), *Rodziny konstrukcji sprężyn w układach odciażających segmentowe bramy garażowe (walidacja algorytmów obliczeniowych, opracowanie systemu oceny i wyboru odciażającego układu sprężyn)*, Praca magisterska pod kier. B. Branowskiego, Politechnika Poznańska.
4. **Meissner M., Wanke K.** (1988), *Handbuch Federn. Berechnung und Gestaltung im Maschinen- und Gerätebau*, VEB, Berlin.
5. **Pahl G., Beitz W.** (1984), *Nauka konstruowania*, WNT, Warszawa.
6. Norma PN-EN 12604:2002: *Bramy. Aspekty mechaniczne*.

NEW METHOD OF CONSTRUCTION FAMILIES BUILDING (SPRING RELIEF SYSTEMS OF GARAGE GATES)

Abstract: The following work presents the method of management of variants in the process of products development through identification of the causes of diversity and application of the correct varianting principles. The analysis of product processes has been applied that allows for building the family of parts (springs) ordered in parametered catalogues. This work analyses the most commonly applied relief structure of bending cylinder screw springs made of wire with circle-section with initial tension of coils. The statistical analysis, as well as the series of types of garage gates built according to the principles known allowed for the further development of the new approach to designing the mixed series of types.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy nr N N502 367035