

MERA

AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA

APARATURA POMIAROWA

MASZYN MATEMATYCZNE

P.2900/40



BIULETYN

Rok IX
9 (103)
1970

KOLEGIUM REDAKCYJNE

Redaktor Naczelny: mgr Roman Sprawski
Sekretarz Redakcji: mgr Zofia Bieguszevska-Kochan
Redaktorzy działowi: mgr Bolesław Drożak
inż. Ludomir Kowalski
inż. Piotr Głowacki
Członkowie: mgr inż. Janusz Matejak
mgr inż. Ryszard Jackowicz
mgr inż. Andrzej Mańkowski

WARUNKI PRENUMERATY

Cena prenumeraty rocznej - 516.- zł

Instytucje państwowe i społeczne mogą zamawiać prenumeratę wyłącznie za pośrednictwem Oddziałów i Delegatur CKPiW "RUCH". Prenumeratę dla czytelników indywidualnych przyjmują urzędy pocztowe oraz listonosze. Można również dokonać wpłat na konto PKO nr 1-6-100020 CKPiW "RUCH", Warszawa, ul. Wronia 23

**ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU AUTOMATYKI I APARATURY POMIAROWEJ
"MERA"**



P.2900 | 40

BIULETYN MERA

**AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA • APARATURA POMIAROWA
MASZYNY MATEMATYCZNE**

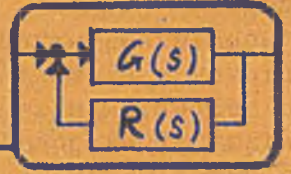
Warszawa, wrzesień 1970

S P I S T R E S C I

<u>TECHNIKA</u>	str.
E. Żybura - Problemy syntezy niezawodnych urządzeń i układów automatyki.....	3
L. Lipiński - Laboratoryjne badania niezawodności i jakości metrologicznej wag analitycznych.....	24
H. Wierzba - Regulator wilgotności względnej powietrza z elektronicznym czujnikiem oporowym.....	34
H. Zawistowski - Problemy produkcji wyrobów precyzyjnych z tworzyw sztucznych.....	37
 <u>EKONOMIKA-ORGANIZACJA</u>	
I. Anton - Laboratorium elektryczne NKT w Lubuskich Zakładach Aparatury Elektrycznej "Lumel".....	46
H. Kycia - Organizacja dużych ośrodków przetwarzania danych.....	49
H. Kycia - Opracowanie indeksu materiałowego itowarowego w przedsiębiorstwie wielozakładowym.....	53
<u>Z ZAGRANICY</u> - Opracował P. Głowacki	59

Druk. MERAMETR

Zam. 235/70 /NP. Nakład 900 egz. K-81



mgr inż. Eugeniusz ŻYBURA
Instytut Elektrotechniki

PROBLEMY SYNTEZY NIEZAWODNYCH URZĄDZEŃ I UKŁADÓW AUTOMATYKI

Znamienną cechą współczesnego przemysłu jest wysoki stopień zautomatyzowania poszczególnych maszyn i urządzeń technologiczno-produkcyjnych jak również całych procesów wytwórczych. Stan taki uwarunkowany jest zwiększonym zapotrzebowaniem na artykuły powszechnego użytku i ograniczonymi możliwościami adaptacyjnymi człowieka do niezbędnego tempa pracy, określonego wielkoseryjnym procesem wytwórczym.

Wysiłki projektantów zajmujących się zagadnieniami automatyzacji urządzeń i procesów wytwórczych stymulowane są obecnie takimi problemami, jak:
a/ jakość i niezawodność wytwarzanych przez fabryki wyrobów,
b/ obniżka kosztów wytwarzania,
c/ zwiększenie wydajności pracy.

Krąg zagadnień wymagających sprawnej i efektywnej realizacji jest niemały i o dużym ciężarze gatunkowym. Realizację wymienionych zadań można obecnie osiągnąć jedynie przy pomocy nowoczesnych, wysoko wydajnych maszyn i urządzeń, automatycznie i niezawodnie realizujących określone procesy produkcyjne. Sprawność i niezawodność funkcjonalna jest jednak pierwszą pochodną niezawodności aparatury użytej do automatyzacji przemysłowej. W niniejszym artykule rozpatrzone będą wybrane węzłowe zagadnienia syntezy niezawodnych urządzeń automatyki. Omówiona zostanie metoda efektywnego rozwiązania tych zagadnień na podstawie rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej.

I. Podstawowe zagadnienia syntezy niezawodnych urządzeń automatyki.

1. W zbiorze zagadnień bezpośrednio związanych z syntezą urządzeń i układów automatyki zawarty jest podzbiór zagadnień mających szczególne znaczenie dla prawidłowego przebiegu procesów produkcyjnych i pracy zautomatyzowanego obiektu. Wchodzące do tego podzbioru zagadnienia można określić następująco:

a/ zagadnienie a n a l i z y: czy urządzenie, realizujące automatycznie dany proces /pomiar, regulacja, sterowanie/ będzie pracować według ustalonego programu i zgodnie z warunkami technicznymi

b/ zagadnienie p o p r a w n o ś c i w y b o r u p a r a m e t r ó w t e c h n i c z n y c h: w jaki sposób wybrać decydujące parametry urządzeń automatyki, by uzyskać optymalne dynamiczne właściwości urządzeń produkcyjnych, lub w skrajnym przypadku takie właściwości, które odpowiadają warunkom technicznym

c/zagadnienie s y n t e z y: w jaki sposób przy określonej strukturze technicznej urządzenia lub układu automatyki i charakterystykach technicznych elementów składowych, przy określonych dynamicznych właściwościach obiektu zautomatyzowanego - można wybrać schemat połączeń i powiązań funkcjonalnych zespołu, parametry i charakterystyki wchodzących w skład urządzenia czy układu automatyki elementów lub podzespołów korekcyjnych, by możliwe było osiągnięcie założonego celu przy możliwie najprostszym rozwiązaniu technicznym zagadnienia.

Realizacja wymienionych zagadnień możliwa jest tylko wówczas gdy znane są:

a/ dynamiczne charakterystyki i właściwości urządzenia automatyki, np. w przypadku regulatora ciągłego

- zakres proporcjonalności,
- stała czasowa całkowania,
- stała czasowa różniczkowania,
- dokładność nastawień,
- stabilność nastaw;

b/ warunki pracy urządzenia, np.

- temperatura otoczenia i zakres jej zmienności,
- wilgotność względna,
- intensywność zapylenia,
- intensywność występujących drgań i wibracji w miejscu zainstalowania urządzenia,
- inne istotne dla urządzenia czynniki działania zewnętrznego;

c/ wymagania i warunki techniczne dla urządzenia;

d/ dynamiczne charakterystyki i właściwości obiektu zautomatyzowanego.

Warunki pracy powinny być należycie zbadane i dokładnie określone, dopiero wówczas mogą być podstawą do sformułowania warunków technicznych dla elementów i urządzeń.

Dla pozytywnej realizacji wymienionych zagadnień istotne jest należyte rozpoznanie i określenie zespołu czynników wymuszających i zakłócających, pod wpływem których znajduje się urządzenie automatyki w okresie eksploatacji. Analiza doświadczeń eksploatacyjnych z zakresu urządzeń automatyki zwłaszcza elektronicznych dowodzi, że niezawodna praca urządzeń zależy od wielu przyczyn, często pozostających w ścisłej zależności. Analiza pozwala na wydzielenie dwu grup czynników, warunkujących niezawodną pracę urządzenia, a mianowicie:

- czynniki s u b i e k t y w n e, związane z wyborem i realizacją strukturalnego i konstrukcyjnego rozwiązania przy syntezie urządzenia, doбором elementów składowych i materiałów wyjściowych, przystosowaniem urządzenia do określonych warunków pracy, organizacją obsługi technicznej, eksploatacją itp.;
- czynniki o b i e k t y w n e, związane z warunkami klimatycznymi, meteorologicznymi, biologicznymi, itp.

Stopień destrukcyjnego działania tych czynników zależy od całokształtu prac i przedsięwzięć skierowanych na ich osłabienie.

1.1. Dowolne urządzenie znajduje się zwykle pod wpływem dwu rodzajów działania zewnętrznego:

a/ sterującego, które określa żądane prawa /przebiegi/ zmian wyróżnionych wielkości fizycznych;

b/ wymuszającego czy też zakłócającego, które przeszkadza w prawidłowej realizacji tych przebiegów.

Działania te charakteryzują wpływy różnych czynników zewnętrznych na urządzenie automatyki i obiekty zautomatyzowane lub wpływy dowolnych przebiegów i zjawisk o charakterze pasożytniczym, zachodzących w urządzeniach

automatyki. Uwzględnienie wpływu działania zewnętrznego oraz sygnałów pasożytniczych jest zagadnieniem trudnym ze względu na losowy charakter tych zjawisk. Prawidłowe i pozytywne rozwiązanie tego zagadnienia może być osiągnięte jedynie przy pomocy metod probabilistycznych.

1.2. Probabilistyczne metody analizy i syntezy urządzeń i układów automatyki są bardzo efektywnym udoskonaleniem klasycznych metod konstruowania. Kwestię wyboru metody dla celów analizy czy syntezy urządzeń należy rozstrzygnąć przy pomocy wyników uprzedniej analizy konkretnych warunków pracy urządzeń automatyki i stawianych im warunków technicznych. Stosowanie metod probabilistycznych można zalecić wówczas, gdy zakłócenia wewnętrzne i zewnętrzne mają postać ciągle i chaotycznie zmieniających się funkcji czasu, a proces śledzenia, pomiaru i stabilizacji nie może być rozpatrywany jako szereg następujących kolejno po sobie przejść od jednego stanu ustalonego w drugi. Natomiast w przypadku, gdy działania zewnętrzne mają charakter impulsów lub nagłych zmian i chociaż przyjmują wartości przypadkowe oraz pojawiają się w losowych momentach czasu, ale rozdzielone są przedziałami czasu wystarczającymi na to, by układ automatyki zdążył powrócić do normalnego stanu ustalonego przed pojawieniem się następnego impulsu zakłócającego - wtedy stosowanie metod probabilistycznych jest niewskazane.

1.3. Obecnie znane są następujące kierunki metodologiczne rozwiązań projektowo-konstrukcyjnych, uzależnione od stanu wiedzy o charakterze zakłóceń działających na urządzenia automatyki:

- a/ kierunek związany z założeniem, że zakłócenia mają charakter określonych funkcji czasu, charakteryzujących typowe warunki pracy urządzenia; istotnym przykładem tego rodzaju zakłóceń może być zmiana współczynnika dyfuzji D (cm^2/h), określającego prędkość procesu sorpcji wody przez elektroizolacyjne elementy urządzeń automatyki;
- b/ kierunek związany z założeniem, że zakłócenia mają charakter losowych funkcji czasu, o znanych charakterystykach statystycznych; przykładem mogą tu być zmiany charakterystyk lamp elektronowych i elementów półprzewodnikowych, szeroko stosowanych w urządzeniach automatyki;
- c/ kierunek związany z założeniem, że zakłócenia mają charakter ciągle zmieniających się funkcji czasu, o których wiadomo jedynie, że są ograniczone według modułu; przykładem tego rodzaju zakłóceń mogą być pola termiczne, magnetyczne lub elektryczne, działające na urządzenia periodycznie lub aperiodycznie;
- d/ kierunek związany z założeniem, że występujące zakłócenia mają dwie składowe, z których jedna jest zdeterminowana, druga natomiast jest losową funkcją czasu.

Opracowanie efektywnych metod analizy i syntezy oraz poprawnego wyboru parametrów technicznych urządzeń automatyki, znajdujących się pod wpływem działania różnego rodzaju zakłóceń sprowadza się do konieczności rozwiązania następujących podstawowych zagadnień:

- jakości,
- wyboru parametrów,
- dynamicznej dokładności działania,
- stabilności parametrów i charakterystyk.

2. Zagadnienia jakości urządzeń automatyki.

Ilustracją tego zagadnienia może być układ automatycznej regulacji złożony z regulatora i obiektu regulowanego z jedną regulowaną wielkością. Obiekt posiada współrzędne uogólnione x_1, x_2, \dots, x_n , z których $x_1 = x$ jest współrzędną regulowaną. Regulator posiada natomiast współrzędne uogólnione z_1, z_2, \dots, z_r , z których $z_k = z$ jest sygnałem wyjściowym

regulatora. Dla uproszczenia rozważań pomija się wzajemne reakcje regulatora i obiektu regulowanego. Zakładając, że równania różniczkowe układu regulacji można sprowadzić do normalnej formy, zapiszemy je w następujący sposób:

- równanie różniczkowe obiektu regulowanego

$$\frac{dx_i}{dt} = X_i(x_1, x_2, \dots, x_n; z; t) + q_z(t), \quad /1/$$

$$i = 1, 2, \dots, n, \dots, r, z;$$

- równanie różniczkowe regulatora

$$\frac{dz_i}{dt} = Z_i(z_1, z_2, \dots, z_r; \xi; t); \quad /2/$$

- równanie uchybu

$$\xi(t) = y(t) - x(t). \quad /3/$$

Przeprowadzamy porównanie rozwiązania przytoczonego układu równań względem zmiennej $x(t)$ przy określonych warunkach początkowych z sygnałem sterującym $y(t)$, określającym żądane prawo zmian wielkości regulowanej. Porównanie takie wygodnie jest przeprowadzić rozpatrując uchyb $\xi(t)$, tzn. różnicę między pożądaną $y(t)$ i rzeczywistą $x(t)$ zmianą wielkości regulowanej.

Zakładamy, że sygnały $y(t)$ oraz $q(t)$ pojawiają się w momencie $t = 0$, co w rzeczywistych układach może mieć miejsce. Sygnały $y(t)$ i $q(t)$ reprezentują określone klasy czynników, działających na układ regulacyjny. Na przykład dla układu regulator - energetyczny transformator regulacyjny - sygnałem $y(t)$ jest napięcie na zaciskach serwowrotora, napędzającego ślizgacz przełącznika zaczepów transformatora regulującego. Sygnałem $q(t)$ może być natomiast dowolne zakłócenie, np. temperatura, zapylenie, wibracje itp. czynniki naruszające warunki poprawnej pracy układu. Znając zachowanie się układu pod wpływem działania określonego sygnału $y(t)$, możemy przewidzieć zachowanie się układu w przypadku pojawienia się dowolnego sygnału zakłócającego $q(t)$, należącego do danej klasy czynników. Poza tym należy przyjąć, że do momentu wystąpienia sygnału $y(t)$ lub $q(t)$ układ znajdował się w pewnym stanie ustalonym, a po pojawieniu się sygnału z biegiem czasu ustala się nowy stan lub też powraca stan poprzedni.

Wobec tego analizę jakości można określić jako przybliżone znajdowanie wartości błędu $\xi(t)$ lub ustalenie górnych granic dla określonych charakterystyk rozwiązania równań układu automatycznej regulacji względem błędu $\xi(t)$. Wartości te, zwane wskaźnikami jakości, można uzyskać również przez badanie właściwości funkcji czy charakterystyk, /zwanych pomocniczymi charakterystykami jakości/. Można je więc znaleźć z układu równań bez konieczności ich bezpośredniego rozwiązywania.

2.1. Charakterystykami pomocniczymi mogą być między innymi:

- a/ uogólnione lub własne charakterystyki częstotliwościowe,
- b/ różne oceny całkowe,
- c/ funkcja Lapunowa,
- d/ inne /np. liczba drgań - wahań, moment pojawienia się pierwszego maksimum/.

Wskaźniki jakości, charakteryzujące proces /procesy wytwórcze/, powinny być wybierane zależnie od wymagań, stawianych urządzeniom lub układowi i właściwości rozpatrywanej klasy czynników działających na układ.

2.2. W praktyce technicznej operuje się często następującymi wskaźnikami jakości:

- a/ maksymalnym odchyleniem ξ_{\max} regulowanej wielkości $x(t)$ od żądane-go prawa zmian /przebiegów/ $y(t)$;
- b/ czasem regulacji T , tzn. najmniejszą z wartości czasu t , po którym przy wszystkich wartościach czasu zachodzi nierówność

$$|\xi(t)| \leq \Delta$$

/4/

gdzie

- Δ - mała, zadana i niezmienna wartość liczbowa;
- c/ ostatecznym odchyleniem ξ_{ost} , charakteryzującym wielkość odchylenia $\xi(t)$ przy dostatecznie dużych wartościach czasu t .

3. Zagadnienie wyboru parametrów a synteza układu

Istotną właściwością procesu syntezy układu automatyki jest obecność obiektu automatyzowanego lub pewnej niezmiennej części układu, mającej swoje dynamiczne właściwości. Nieuwzględnienie ich jest niedopuszczalne przy syntezie układu, tzn. przy wyborze schematu połączeń i powiązań funkcjonalnych, przy wyborze charakterystyk i parametrów tej części układu, która jest w sferze działania projektanta i konstruktora. Ogólne warunki fizycznej wykonalności rozwiązania dla dowolnego układu dynamicznego /liniowego/, zostały sformułowane przez Nyquista w następujący sposób:

- a/ proces przejściowy nie może zaczynać się wcześniej od momentu pojawienia się zakłóceń /powodujących proces przejściowy/, tzn. funkcja impulsowa przejściowa układu automatyki powinna spełniać zależność

$$\delta(t) = 0, \text{ przy } t < 0;$$

- b/ przejściowa funkcja impulsowa $\delta(t)$ powinna być całkowalna w przedziale $(0, \infty)$, tzn.

$$\int_0^{\infty} \delta(t) dt < \infty, \quad 3 / 1 /$$

/jest to tzw. warunek stabilności układu automatyki/;

- c/ stopień licznika funkcji przenoszenia sygnału /transmitancja/ nie powinien przewyższać stopnia mianownika. Warunek ten odpowiada założeniu, że każdy realny układ fizyczny ma ograniczony przedział przepuszczania częstotliwości;
- d/ wszystkie współczynniki transmitancji licznika i mianownika powinny być liczbami rzeczywistymi.

3.1. Wymienione warunki nie są jednak wystarczające do wyjaśnienia zagadnienia, nie nawiązują bowiem do fizycznych właściwości zautomatyzowanego obiektu /lub niezmiennej części układu/. Brak tych danych o obiekcie uniemożliwia właściwy dobór elementów i urządzeń korekcyjnych. W związku z tym oprócz wymienionych ogólnych warunków fizycznej wykonalności rozwiązań /związanych z synteza układów automatyki/, odnozących się do dowolnego układu dynamicznego i właściwości obiektu z jego charakterystyką częstotliwościową należy uwzględnić jeszcze dodatkowe, bardziej szczególne ograniczenia, wynikające z nieliniowych właściwości obiektu lub zadanych elementów układu automatyki /opory mechaniczne, charakterystyki z nasyceniem - istotnie ograniczające możliwe wartości zmiennej.

3.2. Zagadnienie wyboru parametrów przy syntezy układu automatyki można uściślić następująco:

- a/ jeśli równania układu automatyki mają postać $2/1/ - 2/3/$ i niektóre z charakterystyk lub parametrów wchodzących w funkcje Z_1, Z_2, \dots, Z_r są nieznane i konieczna jest ich identyfikacja - mamy wówczas do czynienia z zagadnieniem w y b o r u p a r a m e t r ó w;
- b/ jeśli nieznane są nie tylko niektóre z parametrów, ale również niektóre równania układu automatyki oraz ogólna ich liczba, a więc konieczne jest ich znalezienie i wskazanie sposobu ich technicznej realizacji w myśl założonych wymagań - mamy tu do czynienia z zagadnieniem s y n t e z y u k ł a d u .

Rozwiązanie zagadnienia wyboru parametrów powinno więc sprowadzać się do:

- a/ określenia optymalnego punktu w przestrzeni parametrów charakteryzujących jakość, odpowiadającego fizycznej wykonalności rozwiązania;
- b/ określenia wartości szukanych parametrów zapewniających położenie punktu pracy układu w pobliżu punktu optymalnego;
- c/ badania stabilności tego optimum ze względu na zmiany rozpatrywanych parametrów, tzn. do zbadania, w jaki sposób wskaźniki jakości odchylają się od optymalnych wartości przy odchyleniach punktu roboczego od położenia optymalnego.

3.3. W przypadku zagadnienia syntezy rozwiązanie jest jeszcze bardziej złożone z uwagi na to, że wybór parametrów należy poprzedzić wyborem schematu i powiązań funkcjonalnych całego układu lub jego urządzeń korekcyjnych.

4. Zagadnienie dynamicznej dokładności działania

Zagadnienie analizy dynamicznej dokładności działania urządzeń i układów automatyki sprowadza się do określenia wielkości, charakteryzujących absolutną wartość błędu $|\varepsilon(t)|$ w zadanym przedziale czasu T_1 i T_2 . Wielkości charakterystyczne, zwane wskaźnikami dynamicznej dokładności urządzeń, mogą być określone na podstawie równań, bez konieczności ich bezpośredniego rozwiązywania, przy założeniu, że dane o działaniu czynników wymuszających są ograniczone.

Dynamiczna dokładność działania układu automatyki może być w pełni określona, jeśli znana jest chwilowa wartość błędu /odchylenie wielkości regulowanej/ w dowolnym momencie czasu. W przypadku posiadania ograniczonych danych o układzie i działaniu czynników wymuszających - przy rozwiązywaniu zagadnienia dynamicznej dokładności mogą być wybrane następujące wskaźniki:

- a/ maksymalny błąd dynamiczny, który występuje przy najbardziej niesprzyjających warunkach związanych z posiadanymi danymi o działaniu czynników wymuszających;
- b/ wartość średniego błędu kwadratowego lub dowolnej funkcji błędu, jeśli dysponuje się statystycznymi danymi o zakłóceniach.

Zagadnienie sprowadza się więc nie do określenia prawa zmian błędu w czasie, lecz do określenia granic przestrzeni /dwu lub trójwymiarowej/, wewnątrz których zawiera się błąd. Jeśli wiadomo, że zakłócenia nie mogą przekraczać według modułu określonej wielkości, to granice przestrzeni zmian błędu określa się maksymalną wartością błędu w przypadku najbardziej niekorzystnego działania zakłócenia, gdy tymczasem rzeczywiste wartości błędu mogą być znacznie mniejsze. W przypadku natomiast, gdy działanie zakłóceń jest znane - granice przestrzeni określa się rzeczywistą

maksymalną wartością błędu, wartością, która może osiągnąć granicę sporadycznych momentach czasu. Ponadto jeśli zakłócenia są funkcjami losowymi, to granica obszaru określona jest np. średnią kwadratową wartością błędu. W rzeczywistości zaś błąd w oddzielnych momentach czasu może być zawarty wewnątrz ograniczonego obszaru lub wybiegać poza ten obszar.

Podstawowa różnica między zagadnieniem dynamicznej dokładności i jakości polega na tym, że pierwsze z nich nie jest związane z pojęciem procesu przejściowego i że dane o działaniu zakłócającym różnych czynników mogą być ograniczone, natomiast w zagadnieniu jakości - działania czynników zakłócających są zadanymi funkcjami czasu.

5. Zagadnienie stabilności parametrów i charakterystyk technicznych elementów i podzespołów urządzeń automatyki.

Na ogół zmienność parametrów i charakterystyk technicznych dobrych jakościowo elementów i podzespołów urządzeń automatyki ma przebieg powolny chociaż ciągły. W funkcji tych zmian zmienia się jakość, a zwłaszcza niezawodność urządzeń. Aby więc niezawodność urządzeń, będąca funkcją stabilności parametrów i charakterystyk technicznych elementów i podzespołów /i zwana z tej racji niezawodnością parametryczną/, utrzymywała się na określonym poziomie przez dostatecznie długi okres czasu niezbędne jest przeprowadzenie przy syntezie wnikliwej analizy niezawodności parametrycznej projektowanego urządzenia.

Wstępną formalizację zagadnienia analizy niezawodności parametrycznej można przeprowadzić następująco: ponieważ parametry elementów i zakłócenia wejściowe są losowymi funkcjami czasu, zależność między decydującymi parametrami urządzenia Z_i i parametrami elementów X_j można wyrazić -

$$Z_i(t) = L[X_j(t), Q_z(t)], \quad j = 1, k \quad /4/$$

gdzie:

$Z_i(t)$ - decydujący parametr aparatury;

L - operator, tj. prawo odpowiedniości między zbiorami Z_i oraz Q_z ;

$X_j(t)$ - parametr j-tego elementu;

$Q_z^j(t)$ - zakłócenie wejściowe.

Zakłócenia wejściowe mają charakter złożony i w postaci ogólnej mogą być przedstawione następująco:

$$Q_z(t) = A_z(t) + B_z(t), \quad /5/$$

gdzie:

$A_z(t)$ - składowa zaeterminowana,

$B_z(t)$ - składowa losowa.

Zależność powyższa /4/ oznacza, że funkcja $Z_i(t)$ powstaje w rezultacie przekształcenia zaburzeń wejściowych operatorem L . Przy każdej wartości argumentu t realizację $z_i(t)$ funkcji losowej $Z_i(t)$ są zwykle wielkościami skalarnymi, dlatego pełną charakterystykę wszystkich realizacji dla określonego argumentu $t = t_1$ jest prawo rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej $Z_i(t)$, przy czym rozkład ten /w tym przypadku/ jest rozkładem jednowymiarowym. Jednowymiarowy rozkład funkcji losowej $Z_i(t)$ może być określony jednowymiarową dystrybuantą procesu losowego $F_1(z_1, t_1)$. Weźmy pod uwagę zbiór realizacji funkcji losowej $Z_i(t)$ i wydzielmy te realizacje, które w chwili $t = t_1$ są mniejsze od pewnego zadanego poziomu z_1 . Przy dostatecznie dużej liczbie realizacji część z nich w chwili $t = t_1$ będzie mieć wartość niższą od poziomu z_1 ,

czyli będzie się cechować statystyczną stabilnością. Wartość tę określa się liczbą stałą i nazywa prawdopodobieństwem tego, że w momencie czasu $t = t_1$ funkcja losowa przebiega poniżej poziomu z_1 . Wartość liczbowa tego prawdopodobieństwa, zależna od momentu czasu obserwacji procesu (t_1) i wybranego poziomu z_1 , może być określana na podstawie relacji:

$$P[Z(t_1) \leq z_1] = F_1(z_1, t_1). \quad /6/$$

W przypadku, gdy funkcja $F_1(z_1, t_1)$ jest różniczkowalna względem z_1 , czyli

$$\frac{\partial F_1(z_1, t_1)}{\partial z_1} = f_1(z_1, t_1), \quad /7/$$

mamy do czynienia z jednowymiarową funkcją rozkładu procesu losowego. Funkcje postaci $F(z_1, t_1)$ i $f_1(z_1, t_1)$ są najprostszymi charakterystykami probabilistycznymi procesu losowego zmienności parametrów urządzeń automatyki i ich elementów w funkcji czasu. Pełniejszymi charakterystykami procesu losowego, które określają dynamikę jego rozwoju są dwuwymiarowe funkcje rozkładu, a mianowicie:

$$F_2(z_1, t_1; z_2, t_2) \text{ i } f_2(z_1, t_1; z_2, t_2),$$

przy czym:

$$F_2(z_1, t_1; z_2, t_2) = P[Z(t_1) \leq z_1, Z(t_2) \leq z_2] \quad /8/$$

i

$$f_2(z_1, t_1; z_2, t_2) = \frac{\partial^2 F_2(z_1, t_1; z_2, t_2)}{\partial z_1 \cdot \partial z_2} \quad /9/$$

Wprowadzając do rozważań n-wymiarowe funkcje rozkładu możemy tym dokładniej scharakteryzować proces losowy, im większa jest liczba n. Aby określić niezawodność parametryczną urządzeń automatyki konieczny jest więc pełny opis statystyczny procesu wyjściowego, tzn. określenie n-wymiarowej funkcji rozkładu decydującego parametru z_i /t/.

Przy tym charakterystyki statystyczne zakłóceń wejściowych Q_i /t/ i parametrów elementów X_i /t/, a także postać operatora L są zadane. Określając więc niezawodność parametryczną jako prawdopodobieństwo zawierania się decydującego parametru urządzenia automatyki w granicach tolerancji $[\alpha_i, \beta_i]$ w przeciągu zadanego czasu pracy $[0, t]$, zależnością

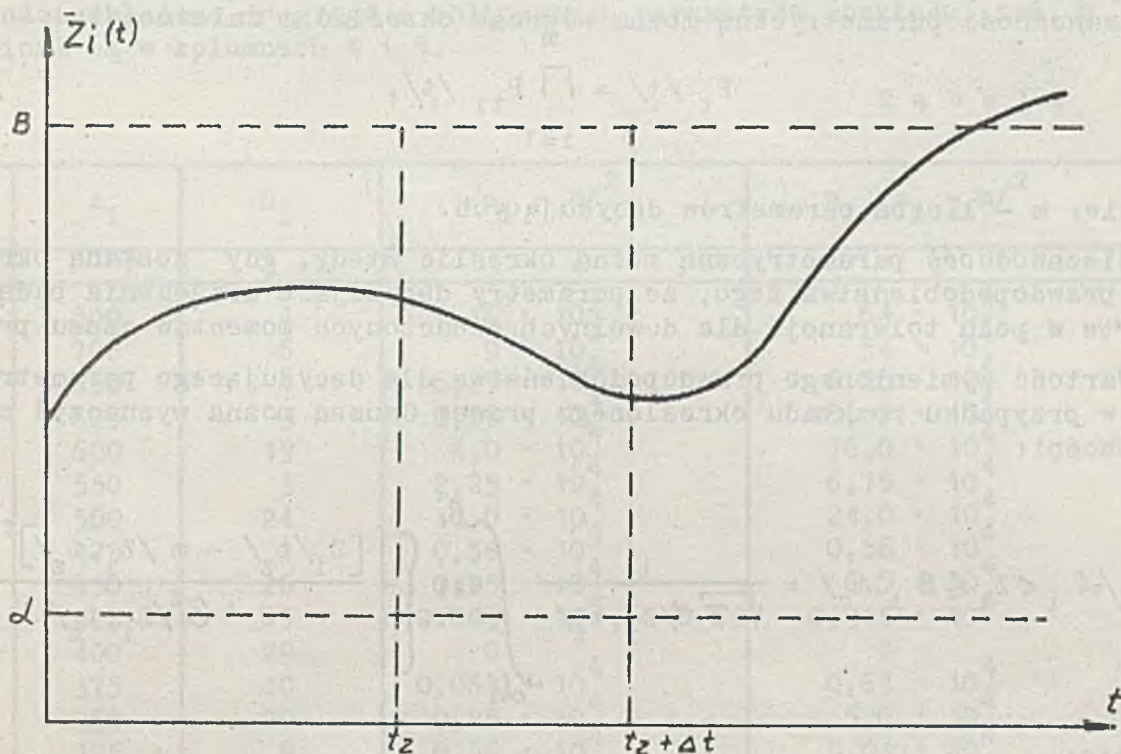
$$P_{ti}/t/ = P[T > t \text{ przy } \alpha_i < z_i/t/ \leq \beta_i], \quad /10/$$

sprowadzamy zagadnienie do określenia prawa rozkładu punktów przecięcia funkcją $z_i/t/$ zadanych poziomów $[\alpha_i, \beta_i]$, lub do wyznaczenia prawdopodobieństwa zawierania się funkcji $z_i/t/$ w zadanym polu tolerancji. W pierwszym przypadku rozpatruje się procesy losowe z wielokrotnym przecięciem zadanego poziomu. Średnia liczba przecięć zadanego poziomu w jednostce czasu i prawdopodobieństwo przecięć zadanego poziomu określa się przy pomocy dwuwymiarowej funkcji rozkładu procesu losowego. W drugim przypadku określa się prawdopodobieństwo pierwszego przecięcia jednego z zadanych poziomów w ciągu czasu pracy czyli określenie prawdopodobieństwa zawierania się parametru w polu tolerancji w ciągu czasu pracy urządzenia.

II. Metodyka określania niezawodności parametrycznej urządzeń automatyki

Do określenia niezawodności parametrycznej urządzenia konieczna jest znajomość n -wymiarowej funkcji rozkładu, która określa, w sensie probabilistycznym, zachowanie się decydujących parametrów urządzenia w funkcji czasu.

Praktyczne przeprowadzenie obliczeń takiej funkcji jest zagadnieniem bardzo trudnym nawet wówczas, gdy rozkład określony jest prawem wykładniczym lub Gaussa. W takiej sytuacji niezbędne jest poczynienie pewnych ograniczeń ułatwiających sporządzenie matematycznego modelu rozpatrywanego procesu automatycznej regulacji lub sterowania. Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że wartości decydujących parametrów urządzeń automatyki z biegiem czasu zmieniają się. przy czym wyjście wartości tych parametrów poza granice określone w warunkach technicznych ma charakter losowy.



Rys.1. Postać realizacji niemonotonicznej funkcji losowej.

Ponieważ zmiany w procesie eksploatacji mają przebieg monotoniczny więc funkcje Z_i/t można traktować jako monotoniczne funkcje losowe. Są one dostatecznie scharakteryzowane jednowymiarowymi funkcjami rozkładu, ze względu na znajomość a priori rozwoju dynamiki procesu. Jeśli prawdopodobieństwo tego, że parametr Z_i/t w chwili t_z znajduje się w polu tolerancji oznaczymy przez $P_{t_j/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z}$, to prawdopodobieństwo $Q_{t_i/\Delta t}$ wyjścia decydującego parametru z pola tolerancji $[\alpha_i, \beta_i]$ w czasie $[t_z, t_z + \Delta t]$ będzie równe:

$$Q_{t_i/\Delta t} = P_{t_i/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z} - P_{t_i/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z + \Delta t}. \quad //1//$$

Wobec istnienia ciągłości statystycznej między dostatecznie bliskimi w czasie wartościami funkcji konieczny warunek różniczkowalności monotonicznych funkcji losowych jest spełniony /w sensie ciągłości zbiorów liczb

rzeczywistych/, toteż niezawodność parametryczną względem decydującego parametru urządzenia Z_i za okres czasu pracy $/0, t/$ znajdziemy z zależności:

$$P_{ti}/t/ = 1 - \int_0^t q_{ti}/t/ dt, \quad /12/$$

gdzie:

$$q_{ti}/t/ = \frac{dQ_{ti}/t/}{dt} = - \frac{dP_{ti}/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t/}{dt}, \quad /13/$$

jest gęstością prawdopodobieństwa czasu znajdowania się urządzenia w stanie sprawnym /nadającym się do eksploatacji w myśl wymagań odnośnych WT/. Wyrażenie /13/ zwane jest też gęstością prawdopodobieństwa czasu wyjścia decydującego parametru z pola tolerancji. W przypadku, gdy urządzenie automatyki składa się z kilku jednowymiarowych niezależnych bloków, jego decydujące parametry są wzajemnie niezależne. Dla urządzenia tej klasy niezawodność parametryczną można wówczas określić z zależności:

$$P_t /t/ = \prod_{i=1}^m P_{ti} /t/, \quad /14/$$

gdzie: m - liczba parametrów decydujących.

Niezawodność parametryczną można określić wtedy, gdy zostaną określone prawdopodobieństwa tego, że parametry decydujące urządzenia będą zawarte w polu tolerancji dla dowolnych oznaczonych momentów czasu pracy.

Wartość wymienionego prawdopodobieństwa dla decydującego parametru bloku w przypadku rozkładu określonego prawem Gaussa można wyznaczyć z zależności:

$$P_{ti}/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z/ = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma/Z_i, t_z/} \int_{\alpha_i}^{\beta_i} \exp \left\{ - \frac{[Z_i/t_z/ - m/Z_i, t_z/]^2}{2 \cdot \sigma^2/Z_i, t_z/} \right\} dZ, \quad /15/$$

gdzie:

$m/Z_i, t_z/$ - wartość oczekiwana parametru Z_i w chwili czasu t_z ;

$\sigma^2/Z_i, t_z/$ - średnie odchylenie kwadratowe parametru Z_i w chwili czasu t_z

P r z y k ł a d 1

Część a

W laboratorium systematycznie co 100 godzin dokonywano pomiarów jednego z decydujących parametrów generatora mocy pośredniej częstotliwości, mianowicie czułości. Traktując czułość generatora jako zmienną losową Z określić podstawowe parametry tego rozkładu, mianowicie $m/Z, t_1/$ oraz $\sigma^2/Z, t_1/$. Wyniki pomiarów dokonanych na próbie o liczebności $N = 228$ sztuk w chwili $t_1 = 0$ zawarte są w tabeli 1 /kolumna 2/.

Rozwiązanie

Przyjmujemy oznaczenia:

t_1 - momenty dokonywania pomiarów,

z_1 - wartości zmierzonego parametru generatorów w momencie pomiaru t_1 ,

n_1 - liczba jednakowych wyników pomiarów,

N^1 - liczba wszystkich przeprowadzonych pomiarów.

Ponieważ zbiór wyników pomiarów tworzy rozkład dyskretny zmiennej losowej Z , wobec tego wartość oczekiwaną oraz wariancję zmiennej losowej określimy następująco [1] :

$$E/Z/ = m = \sum_{i=1}^n z_i \cdot p_i = \sum_{i=1}^n z_i \frac{n_i}{N} ;$$

$$D^2/Z/ = \sigma^2 = \sum_{i=1}^n /z_i - m/2 p_i = \frac{\sum_{i=1}^n n_i /z_i - m/2}{\sum_{i=1}^n n_i} =$$

$$= \frac{n_1 /z_1 - m/2 + n_2 /z_2 - m/2 + \dots + n_i /z_i - m/2}{n_1 + n_2 + \dots + n_i}$$

Wartości składowe drugiego z obliczonych parametrów rozkładu, tzn. σ^2 zestawione są w kolumnach 4 i 5.

T a b e l a 1

t_i	z_i	n_i	$/z_i - m/2$	$n_i /z_i - m/2$
1	2	3	4	5
0	800	4	$16 \cdot 10^4$	$64 \cdot 10^4$
	700	6	$9 \cdot 10^4$	$54 \cdot 10^4$
	650	1	$6,25 \cdot 10^4$	$6,25 \cdot 10^4$
	625	3	$5,05 \cdot 10^4$	$15,15 \cdot 10^4$
	600	19	$4,0 \cdot 10^4$	$76,0 \cdot 10^4$
	550	3	$2,25 \cdot 10^4$	$6,75 \cdot 10^4$
	500	24	$1,0 \cdot 10^4$	$24,0 \cdot 10^4$
	475	1	$0,56 \cdot 10^4$	$0,56 \cdot 10^4$
	450	26	$0,25 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^4$
	425	5	$0,063 \cdot 10^4$	$0,315 \cdot 10^4$
	400	29	0	0
	375	10	$0,063 \cdot 10^4$	$0,63 \cdot 10^4$
	350	20	$0,25 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$
	325	9	$0,56 \cdot 10^4$	$5,04 \cdot 10^4$
	300	23	$1,0 \cdot 10^4$	$23 \cdot 10^4$
	275	8	$1,56 \cdot 10^4$	$12,5 \cdot 10^4$
	250	26	$2,25 \cdot 10^4$	$58,5 \cdot 10^4$
225	1	$3,06 \cdot 10^4$	$3,06 \cdot 10^4$	
0	200	10	$4 \cdot 10^4$	$40 \cdot 10^4$

Ponieważ $N = \sum n_i = 228$ oraz $M = \sum n_i /z_i - m/2 = 400 \cdot 10^4$, wobec tego wariancja, $\sigma^2 = \frac{M}{N} = \frac{400 \cdot 10^4}{228} = 1,75 \cdot 10^4$, natomiast wartość oczekiwana $m = 400$.

Część b

Przyjmijmy, że czułość generatorów jako zmienna losowa Z posiada rozkład normalny. Należy określić prawdopodobieństwo tego, że zmienna losowa Z w chwili $t = 0$, będzie zawarta w granicach tolerancji, czyli:

$$Z = m \pm 50 /mV/,$$

gdzie: 50 /mV/ - graniczne dopuszczalne odchylenie czułości od jej wartości nominalnej m .

Rozwiązanie

Prawdopodobieństwo tego, że z będzie znajdować się w granicach tolerancji określimy ze wzoru /15/:

$$P_0 /m-50 < z < m + 50/ = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 132} \int_{m-50}^{m+50} \exp \left\{ \frac{-z - m/2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right\} \cdot dz,$$

gdzie wartości na m i σ przyjmujemy z przykładu 1.

Wykonując podstawienie $m - 50 = \alpha$, i $m + 50 = \beta$, otrzymamy

$$P_0 /m-50 < z < m + 50/ = P_0 /\alpha < z < \beta/ =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z} \int_{\alpha}^{\beta} \exp \left\{ \frac{-z - m/2}{2 \cdot \sigma_z^2} \right\} dz = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{\beta - m}{\sigma_z} \right) - \Phi \left(\frac{\alpha - m}{\sigma_z} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{450 - 400}{132} \right) - \Phi \left(\frac{350 - 400}{132} \right) \right] = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{50}{132} \right) - \Phi \left(-\frac{50}{132} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{2} \left[\Phi /0,38/ + \Phi /0,38/ \right] = \frac{1}{2} /0,296 + 0,296/ = 0,296 ;$$

gdzie $\Phi /z/ = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z \exp \left\{ -\frac{t^2}{2} \right\} dt$ - stabelaryzowana funkcja Laplace'a.

Analogicznie, dokonując pomiarów czułości po $t_j = 100, 200, 300 \dots$ godzin ciągłej pracy generatorów, można określić prawdopodobieństwo zawierania się czułości w określonych granicach tolerancji.

W procesie syntezy jednak nie wszystkie parametry urządzenia są wzajemnie niezależne. W takim przypadku występuje relacja

$$P_t /t/ \neq \prod_{i=1}^m P_{t_i} /t/ \quad /16/$$

Oznaczając z kolei indeksami "j" bloki jednowymiarowe oraz indeksami "w" - wielowymiarowe, możemy niezawodność parametryczną urządzenia określić na podstawie relacji

$$P_t /t/ = \prod_{j=1}^{m_1} \prod_{w=1}^{m_2} P_{t_j} /t/ P_{t_w} /t/, \quad /17/$$

gdzie:

m_1 - liczba bloków jednowymiarowych,

m_2 - liczba bloków wielowymiarowych,

$P_{t_w} /t/$ - prawdopodobieństwo zdarzenia, że wszystkie decydujące parametry danego bloku wielowymiarowego znajdują się w polu tolerancji w okresie pracy $/0, t/$.

Łączna gęstość rozkładu odpowiadająca prawdopodobieństwu $P_{tw}/t/$ wynosi:

$$q_{tw}/t/ = - \frac{dP_{tw} / \alpha_1 < Z_1 \leq \beta_1, \dots, \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, \dots, \alpha_m < Z_m \leq \beta_m, t_z/}{dt} \quad /18/$$

gdzie:

$$P_{tw} / \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, t_z/ = P_{tw} / \alpha_1 < Z_1 \leq \beta_1, \dots, \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, \dots, \alpha_m < Z_m \leq \beta_m, t_z/ \\ w = 1, m \quad /19/$$

- oznacza prawdopodobieństwo łącznego znajdowania się decydujących parametrów danego wielowymiarowego bloku w polu tolerancji w chwili t_z ,
 m - oznacza ilość decydujących parametrów bloku wielowymiarowego.

Wartość wyrażenia $P_{tw} / \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, t_z/$ wygodnie jest określić przy pomocy funkcji charakterystycznej

$$\varphi/u, t/ = E \left[e^{juZ/t/} \right], \quad /20/$$

gdzie:

- u - dowolna zmienna rzeczywista,
- E - symbol wartości oczekiwanej wyrażenia $e^{juZ/t/}$,
- $j = \sqrt{-1}$.

Łączną gęstość rozkładu decydujących parametrów wielowymiarowego bloku możemy więc przedstawić następująco

$$f_w / \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, t_z/ = \frac{\partial^m P_{tw} / \alpha_w < Z_w \leq \beta_w, t_z/}{\partial Z_1, \dots, \partial Z_w, \dots, \partial Z_m} = \\ = \frac{1}{(2\pi)^m} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j/u_1 Z_1 + \dots + u_w Z_w + \dots + u_m Z_m} \times \\ \times \varphi_w / u_1, \dots, u_w, \dots, u_m, t_z/ du_1 \dots du_w \dots du_m. \quad /21/$$

Przyjmując w dalszym ciągu, że rozkłady decydujących parametrów przebiegają według prawa Gaussa, możemy funkcję charakterystyczną m - wymiarowego wektora losowego określić zależnością

$$\varphi_w / u_1, \dots, u_w, \dots, u_m, t_z/ = \\ = \exp \left\{ j \sum_{l=1}^m u_l m / Z_l, t_z/ - \frac{1}{2} \sum_{l,q=1}^m K / Z_l Z_q, t_z/ u_l u_q \right\}, \quad /22/$$

przy czym wyrażenie $K / Z_l Z_q, t_z/$ - oznacza korelacyjny moment decydujących parametrów wielowymiarowego bloku w chwili czasu t_z .

Przykład 2

W chwili t dokonywania pomiarów kontrolnych prototypowej partii generatorów stwierdzono, że odchyłki decydującego parametru Z posiadają rozkład równomierny w przedziale $[\alpha, \beta]$. Należy określić przy pomocy funkcji charakterystycznych /wzór ogólny 20/ wartość oczekiwaną m i wariancję σ^2 zmiennej losowej Z.

Rozwiązanie

Według [1, rozdz. 4], dla przypadku rozkładu równomiernego, otrzymamy:

$$\begin{aligned} \varphi(u, t) &= E[e^{juZ/t}] = \frac{1}{\beta - \alpha} \int_{\alpha}^{\beta} e^{juz} dz = \frac{e^{ju\beta} - e^{ju\alpha}}{ju/\beta - \alpha/\beta} = \\ &= \frac{1}{\beta - \alpha} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(ju)^{k-1}}{k!} (\beta^k - \alpha^k). \end{aligned} \quad /20.1/$$

Kolejne momenty m_k zmiennej losowej Z można otrzymać metodą różniczkowania funkcji charakterystycznej. Różniczkując kolejno wzór /20.1/ względem u, otrzymamy:

$$\varphi'(u) = \frac{j}{\beta - \alpha} \left[\frac{\beta^2 - \alpha^2}{2} + \sum_{k=3}^{\infty} \frac{(ju)^{k-2}}{k/k-2!} (\beta^k - \alpha^k) \right], \quad /20.2/$$

$$\varphi''(u) = \frac{j^2}{\beta - \alpha} \left[\frac{\beta^3 - \alpha^3}{3} + \sum_{k=4}^{\infty} \frac{(ju)^{k-3}}{k/k-3!} (\beta^k - \alpha^k) \right] \quad /20.3/$$

Przyjmując $u = 0$, otrzymamy:

$$m_1 = \frac{1}{j} \varphi'(0) = \frac{\alpha + \beta}{2}, \quad /20.4/$$

$$m_2 = \frac{1}{j^2} \varphi''(0) = \frac{\alpha^2 + \alpha\beta + \beta^2}{3}. \quad /20.5/$$

Ostatecznie, wartość oczekiwana i wariancja wynoszą:

$$m = m_1 = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$\sigma^2 = m_2 - m_1^2 = \frac{\beta^2}{12} - \frac{\alpha\beta}{6} + \frac{\alpha^2}{12} = \frac{(\alpha - \beta)^2}{12}.$$

III. Metodyka syntezy niezawodnych urządzeń automatyki^{x/}

W rozdziale tym omówione zostaną niektóre zagadnienia teorii syntezy urządzeń związane z osiągnięciem określonego jakościowo poziomu funkcjonowania urządzeń. Ponieważ jakość funkcjonowania urządzeń określa się wartościami podstawowych /decydujących/ parametrów, a ich wartości zależą od

^{x/} Przy opracowaniu tego rozdziału wykorzystano rozdz. VI pracy RM Turkel-taub "Metody issledowanija tocznosti i nadiożnosti schiem apparatury", Izdat.Energia, Moskwa 1966.

parametrów elementów i zaburzeń /zakłóceń/ wejściowych należy kryterium jakości funkcjonowania przedstawić w postaci:

$$\theta = \theta_1 / \vec{X}, \vec{Q} /, \quad /23/$$

gdzie:

- \vec{X} - wektor początkowych wartości parametrów elementów,
- \vec{Q} - wektor zakłóceń wejściowych.

Wybór najlepszego wariantu układu i określenie wartości parametrów elementów układu odpowiednio do przyjętego kryterium jakości oznacza syntezę układu. Znaczy to również, że w optymalnym układzie kryterium jakości przyjmuje wartość ekstremalną. Wynika stąd, że zagadnienie syntezy urządzenia składa się z dwu etapów:

- wyboru najlepszego wariantu urządzenia według zadanego kryterium jakości,
- określenia wartości parametrów elementów gwarantujących istnienie ekstremum tego kryterium.

Realizacja pierwszego etapu sprowadza się do obliczenia ilościowej /liczbowej/ wartości kryterium dla wszystkich wariantów urządzenia i wyboru układu połączeń funkcjonalnych z ekstremalną wartością kryterium.

Drugi etap stanowi zagadnienie syntezy samego urządzenia. Uwzględniając, że parametry elementów i wejściowe zakłócenia są wielkościami losowymi, wyrażenie /23/ przyjmie postać:

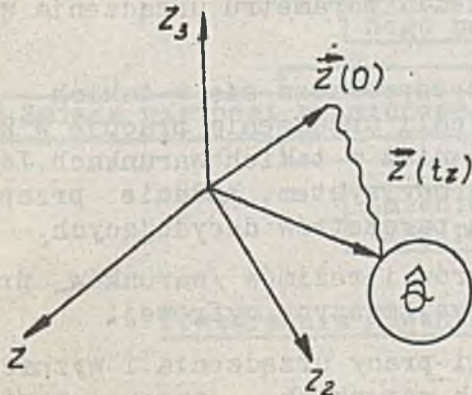
$$\theta = \int_{\omega(\vec{Q})} \int_{\Omega(\vec{X})} \theta_1 / \vec{X}, \vec{Q} / p / \vec{x} / p / \vec{q} / d\Omega d\omega, \quad /24/$$

gdzie:

- $p / \vec{x} /$ i $p / \vec{q} /$ - gęstości rozkładów wektorów \vec{X} i \vec{Q} ,
- $\Omega / \vec{X} /$ i $\omega / \vec{Q} /$ - obszary zmian wektorów.

Określenie wektora \vec{X} maksymalizującego wyrażenie /24/ przy danym \vec{Q} , stanowi zagadnienie syntezy urządzenia według żądanej dokładności.

Parametry elementów mają nie tylko losowe wartości początkowe, lecz również zmieniają się w sposób losowy w czasie. Dlatego w procesie eksploatacji decydujący parametr urządzenia zmienia swą wartość. Jeśli przedstawić decydujący parametr wektorem \vec{Z} w n-wymiarowej przestrzeni losowej B, to jego położenie w procesie eksploatacji będzie się zmieniać, a koniec wektora \vec{Z} opíše pewną trajektorię.



Dla ilustracji pokazano na rysunku ruch wektora Z w przestrzeni fazowej trójwymiarowej. Początkowe położenie wektora $\vec{Z}/0/$ określa się początkową wartością parametrów $X_i/0/$. W momencie czasu $t = t_z$ koniec wektora osiąga wartość $\vec{Z}/t_z/$, która należy do pewnego podzbioru punktów $/B/$ przestrzeni fazowej. Wartość $\vec{Z}/t_z/$ określona jest wartościami parametrów $x_i/t_z/$. Aby osiągnąć ekstremum kryterium jakości, należy więc znaleźć maksimum funkcjonau charakteryzu-

jącego ruch końca wektora \bar{Z} w przestrzeni fazowej, w ciągu zadanego przedziału czasu $/0, t_z/$:

$$\theta = \int_T \int_{\Omega(\bar{Q})} \int_{\Omega(X)} \theta_i [\bar{X}/t/, \bar{Q}] p[\bar{X}/t/] p[\bar{Q}] d\Omega d\omega dt \quad /25/$$

Warunek ten stanowi zagadnienie syntezy urządzenia według zadanej wartości niezawodności parametrycznej.

Pozróżnia się następujące rodzaje syntezy urządzeń:

- 1/ przy istnieniu określonego algorytmu syntezy,
- 2/ przy zupełnym braku takiego algorytmu.

Przy zupełnym braku algorytmu niedostatek informacji o sposobach rozwiązania zagadnienia uzupełnia się przy pomocy prób rozwiązania sposobem indukcyjnym, heurystycznym. W danym przypadku najprostsza jest metoda "prób i błędów" /najczęściej stosowana w ogólnej teorii optymalnych urządzeń i układów automatyki/.

A. Synteza urządzenia wg zadanego kryterium dokładności

Ustalamy jako miarę dokładności decydującego parametru urządzenia wartość prawdopodobieństwa trafienia parametru w zadane pole tolerancji, czyli:

$$P / \alpha < Z \leq \beta / = P / Z / \quad /26/$$

Wobec tego, jako kryterium jakości θ przy syntezie urządzeń wg zadanych charakterystyk dokładności należy przyjąć wartość $P / \alpha < Z \leq \beta /$. Synteza urządzeń w danym przypadku powinna umożliwić ustalenie takich wartości parametrów elementów przy zadanym wejściowym zakłóceniu, aby została zapewniona maksymalna wartość tego kryterium. Ponieważ brak jest algorytmu zagadnienia w ogólnej postaci, należy więc rozpatrzyć jego rozwiązanie /zagadnienie/ nieco udoskonaloną metodą "prób i błędów". Udoskonalenie metody odnosi się do organizacji szukania parametru elementu ulegającego zmianie.

Należy ustalić przede wszystkim te zmiany, które powinny być przeprowadzone w urządzeniu dla otrzymania żądanej wartości prawdopodobieństwa trafienia parametru Z w zadane pole tolerancji. Rozwiązanie zagadnienia przeprowadza się na elektronicznej maszynie cyfrowej po wykonaniu analizy urządzenia metodą badań statystycznych /metoda Monte Carlo/. Taka budowa programu syntezy uzasadniona jest istotą /cechą/ metody "prób i błędów"; w badanym urządzeniu zmienia się jeden z parametrów elementów - "próba" i ustala się zmianę prawdopodobieństwa trafienia parametru urządzenia w zadane pole tolerancji - "błąd".

Zarówno syntezę jak i analizę urządzeń przeprowadza się w takich warunkach, w jakich urządzenie to pracuje. Jeśli urządzenie pracuje w kilku warunkach - badanie przeprowadza się również w takich warunkach. Jeśli urządzenie przedstawia się jako wielowymiarowy system, badanie przeprowadza się jednocześnie względem wszystkich parametrów decydujących.

Liczba jednocześnie sprawdzonych parametrów i reżimów /warunków pracy zależy tylko od pojemności pamięci stosowanej maszyny cyfrowej.

Program syntezy określa najgorsze warunki pracy urządzenia i wyznacza parametry elementów tak, aby przy dowolnych warunkach pracy wartość $P / \alpha < Z \leq \beta /$ odpowiadała wymaganiom. Przy tym może zmieniać się zarówno wartość nominalna parametru elementu /wartość oczekiwana $E(Z)$ /, jak i jego rozkład.

Dla zilustrowania zamieszczamy układ blokowy programu syntezy urządzenia.

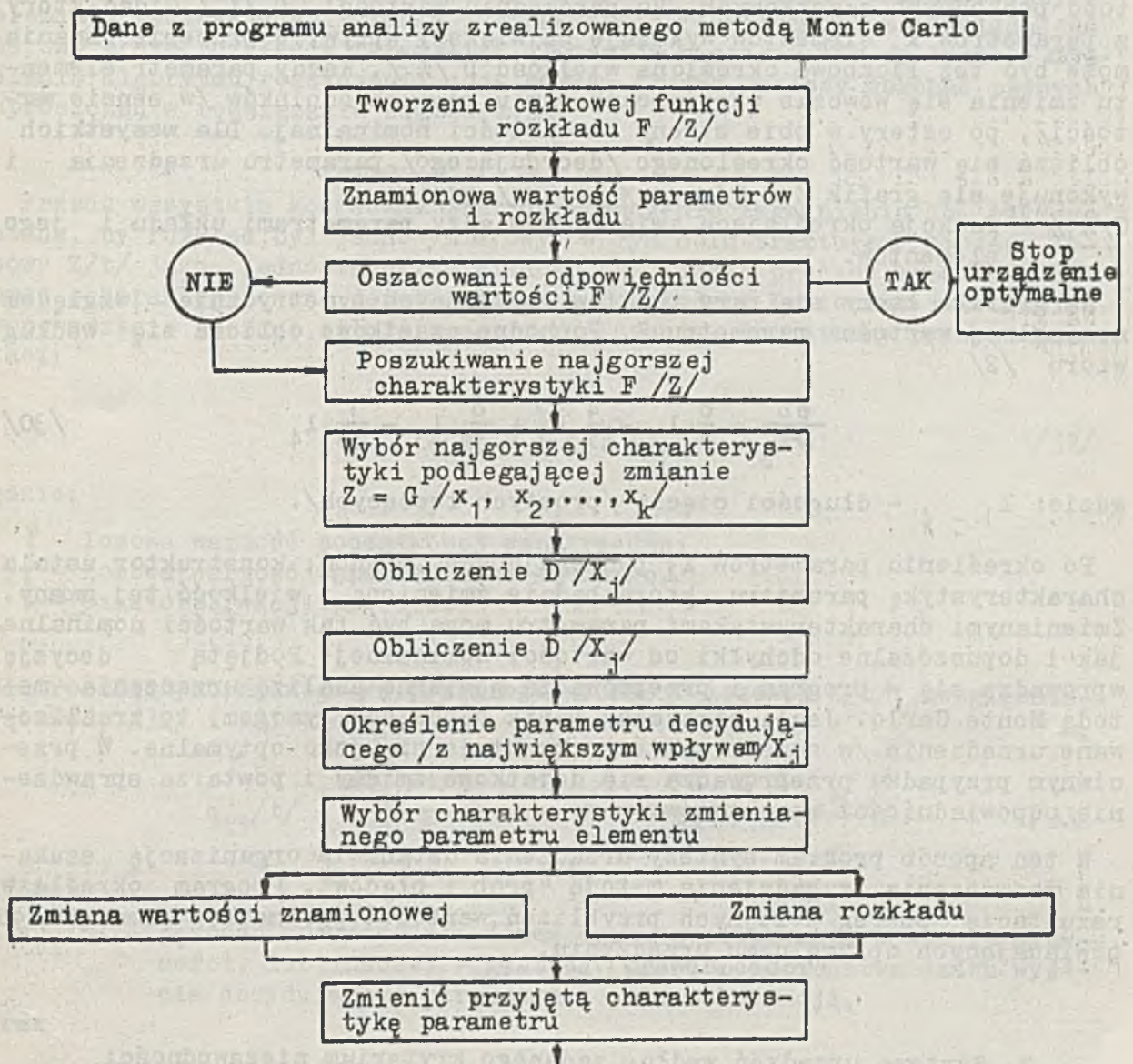
Wybór parametrów elementów, podlegających zmianie określony /determinowany/ jest stopniem ich wpływu na decydujący parametr urządzenia /układu automatyki/ i charakteryzuje się unormowaną pochodną cząstkową postaci

$$\hat{D} /X_j/ = \frac{\overline{D /X_j/} \quad G /X_j/}{\sum_{j=1}^k \overline{D /X_j/} \quad G /X_j/}, \quad /27/$$

gdzie:

$$\overline{D /X_j/} = \left| \frac{\partial Z}{\partial X_j} \right|, \quad j = 1, k \quad /28/$$

Układ blokowy programu syntezy urządzenia



Powtórzenie /ewentualne/ analizy metodą Monte Carlo.

Analitycznie zagadnienie to rozwiązuje się w następujący sposób: różniczkuje się równanie, określające związek parametrów elementów i decydującego parametru urządzenia, który wyrażony jest w postaci gęstości prawdopodobieństwa lub momentów:

$$m_j^1 / X_j / = \int x_j^1 f / x_j / dx_j, \quad /29/$$

gdzie:

x_j - parametr elementu,

m_j^1 - moment 1-go rzędu,

$f / x_j /$ - gęstość prawdopodobieństwa,

względem każdej ze zmiennych składowych.

W otrzymane równania o pochodnych cząstkowych podstawia się nominalne wartości parametrów i przy pomocy wzoru /27/ oblicza się unormowaną wartość pochodnych cząstkowych. Po porównaniu wartości $D / X_j /$ widać, który z parametrów x_j elementów wykazuje największy wpływ. W procesie badania może być też liczbowo określona wielkość $D / X_j /$. Każdy parametr elementu zmienia się wówczas w granicach ośmiu równych odcinków /w sensie wartości/, po cztery w obie strony od wartości nominalnej. Dla wszystkich oblicza się wartość określonego /decydującego/ parametru urządzenia i wykonuje się grafik $Z = G / x_1, x_2, x_3, \dots, x_n /$ gdzie:

$G / X_j /$ - funkcja określająca związek pomiędzy parametrami układu i jego elementów.

Na grafiku łączy się pary punktów, położonych symetrycznie względem nominalnej wartości parametru Z. Pochodne cząstkowe oblicza się według wzoru /2/

$$\frac{\partial Z}{\partial X_j} = \frac{8}{5} l_1 - \frac{4}{5} l_2 + \frac{8}{35} l_3 - \frac{1}{35} l_4 \quad /30/$$

gdzie: $l_1 - 4$ - długości cięciw /prostych łączących/.

Po określeniu parametrów X_j podlegających zmianom, konstruktor ustala charakterystykę parametru, która będzie zmieniona i wielkość tej zmiany. Zmienianymi charakterystykami parametru mogą być tak wartości nominalne, jak i dopuszczalne odchyłki od wartości nominalnej. Podjętą decyzję wprowadza się w program i przeprowadza powtórny analizę urządzenia metodą Monte Carlo. Jeśli otrzymany wynik odpowiada wymogom, to zrealizowane urządzenie /w sensie syntezy/ traktuje się jako optymalne. W przeciwnym przypadku przeprowadza się dodatkowe zmiany i powtarza sprawdzenie odpowiedniości rezultatów.

W ten sposób program syntezy urządzenia ustanawia organizację szukania rozwiązania zagadnienia metodą "prób i błędów". Program określa w rezultacie szereg kolejnych przybliżeń wartości parametrów elementów odpowiadających optymalnemu urządzeniu.

B. Synteza urządzeń według zadanego kryterium niezawodności

Jako kryterium niezawodności parametrycznej przyjmujemy prawdopodobieństwo pozostawania /niewyjścia/ decydującego parametru urządzenia w ustalonym polu tolerancji w ciągu czasu pracy /0, t/. Przy syntezie urządzeń według zadanego kryterium parametrycznej niezawodności powinny być

więc uzyskane takie wartości parametrów elementów, które gwarantowałyby pożądaną poziom niezawodności w okresie /0, t/ czasu pracy urządzenia.

Synteze urządzeń według zadanego kryterium niezawodności parametrycznej realizujemy metodą "prób i błędów" przy organizacji szukania rozwiązania zagadnienia.

W przypadku, gdy przy analizie urządzenia metodą podaną w rozdz. II oszacowanie ilościowe niezawodności parametrycznej nie odpowiada żądanej wartości - zagadnienie syntezy należy rozwiązać w następujący sposób: według całkowitej funkcji rozkładu decydującego parametru urządzenia, rozkładów parametrów elementów i postaci operatora

$$Z_j = L/X_j, Q_Z, \quad j = 1, k \quad /31/$$

buduje się /tworzy się/ algorytm, który powinien gwarantować wybór elementów o największym wpływie /decydujących/, określenie charakterystyki elementu podlegającej zmianie i sprawdzenie rozwiązania. Ze względu na to, że prawa rozkładów parametrów elementów w czasie nie są znane i określenie algorytmu rozwiązania jest bardzo trudne, należy dokonać pewnych uproszczeń w rozwiązaniu zagadnienia.

Przed wszystkim konieczne jest doprowadzenie zagadnienia do takiego stanu, by rozkład był jednowymiarowy. W tym celu traktujemy proces losowy Z/t/ jako jednostajny, a wiadomo, że takie procesy losowe są dobrze scharakteryzowane jednowymiarowym rozkładem. Konieczne jest również wprowadzenie jeszcze silniejszego ograniczenia. Rozpatrzmy proces postaci:

$$z/t/ = \xi + \gamma t, \quad /32/$$

gdzie:

- ξ - losowa wartość początkowej współrzędnej,
- γ - losowa wartość współczynnika kąтового,
- t - czas obserwacji procesu.

Dla rozkładu normalnego /w przekroju/ funkcji losowej Z/t/, uwzględniając wzór /32/ i zależność

$$q_{ti}/t/ = \frac{dQ_{ti}/t/}{dt} = - \frac{dP_{ti}/\alpha_i \leq Z_i \leq \beta_{i,t}/}{dt}, \quad /33/$$

gdzie:

- $q_{ti}/t/$ - gęstość prawdopodobieństwa czasu pozostawania w stanie sprawności, lub inaczej - gęstość prawdopodobieństwa czasu wyjścia decydującego parametru z pola tolerancji,

oraz

$$P/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z/ = P_{ti}/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z/, \quad /34/$$

$$Q_{ti}/t/ = P_{ti}/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z/ - P_{ti}/\alpha_i < Z_i \leq \beta_i, t_z + \Delta t/ \quad /35/$$

- otrzymamy wyrażenie dla gęstości prawdopodobieństwa czasu znajdowania się parametru w polu tolerancji, w postaci:

$$q_{t/t} = \frac{\sigma[z/t] m / \delta - \frac{d \sigma[z/t]}{dt} \left\{ m [z/t] - z/t \right\}}{\sigma^2[z/t] \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left\{ - \frac{(m[z/t] - z/t)^2}{2 \sigma^2 [z/t]} \right\} \quad /36/$$

Rozpatrzmy przypadek, gdy współczynnik kątowy δ we wzorze /32/ ma zeterminowaną wartość $\delta = b$. Takie procesy losowe nazywane są jednostajnie liniowymi. Parametry rozkładu takie jak wartość oczekiwana i średnie odchylenie kwadratowe będą wówczas równe

$$m [z/t] = m / \xi + bt, \quad /37/$$

$$\sigma[z/t] = \sigma / \xi = \text{const.}$$

Dla dowolnego przekroju t jednostajnie liniowego procesu losowego prawdziwe są następujące zależności :

$$z/t - m [z/t] = b / T_0 - t / \quad /38/$$

$$i \quad \sigma[z/t] = b \sigma / t \quad /39/$$

Wobec tego na podstawie /36-39/ otrzymamy:

$$\frac{1}{b \sqrt{2\pi} \sigma / t} \exp \left\{ - \frac{(t - T_0)^2}{2 \sigma^2 / t} \right\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma [z/t]} \exp \left\{ - \frac{(m[z/t] - z/t)^2}{2 \sigma^2 [z/t]} \right\} \quad /40/$$

Ze wzoru /40/ wynika, że dla danego typu procesów losowych wartość liczbowa niezawodności parametrycznej równa jest /liczbowo/ prawdopodobieństwu niewyjścia parametru decydującego urządzenia z pola tolerancji w przekroju procesu losowego lub

$$P_{t/t} = P_{t/\alpha} < Z \leq \beta, t / \quad /41/$$

Momenty czasu t , w których rozpatruje się proces losowy, są zasadniczo nieograniczone i mogą przyjmować dowolne wartości w przedziale $0; t$. Dlatego dla otrzymania maksymalnych wartości niezawodności parametrycznej $P_{t/t}$ konieczne jest, aby wartość $P_{t/\alpha} < Z \leq \beta, t$ była maksymalna dla wszystkich momentów czasu t , tj. dla wszystkich przekrojów procesu losowego w przedziale $0; t$. Następnie powinna być ona maksymalna i przy $t = 0$.

W związku z tym przy syntezie urządzeń konieczne jest wypełnienie następujących warunków:

- 1/ wybranie początkowych wartości parametrów elementów tak, aby wartość $P_{t/\alpha} < Z \leq \beta, 0 = P_{\alpha} < \xi \leq \beta$ / była maksymalna,
- 2/ zapewnienie maksymalnej wartości $P_{t/\alpha} < Z \leq \beta$ / dla wszystkich momentów czasu t w przedziale $0; t$.

Pierwszy warunek syntezy wypełnia się metodą omówioną w punkcie poprzednim /metoda zadanego kryterium dokładności/. Warunek ten także potwierdza poprawność przyjęcia metody badań granicznych dla podwyższenia niezawodności układów. Drugi warunek może być wypełniony wyborem koniecznych /potrzebnych/ parametrów rozkładów elementów, które charakteryzują zmianę wartości parametrów tych elementów w czasie.

Jednakże przy projektowaniu urządzeń nie możemy wpływać w ogóle, lub wpływamy w niewielkim stopniu na parametry rozkładów. Niekiedy wpływ ten zmniejsza zmianę parametrów rozkładów elementów przy łagodzeniu ich reżimów, tzn. zespołu parametrów charakteryzujących warunki pracy elementów. Jednak w większości przypadków zarówno parametry rozkładów, jak i same rozkłady, są czynnikami wyjściowymi, zadanymi charakterystykami i nie mogą być zmienione przy projektowaniu urządzeń.

W związku z tym dla otrzymania maksymalnej wartości niezawodności parametrycznej w procesie eksploatacji należy zmienić wartość parametrów elementów, tzn. przeprowadzać regulację urządzenia. Okresowość regulacji i ilość parametrów, podlegających zmianie powinny gwarantować żądany poziom niezawodności parametrycznej. Wybór elementów dla regulacji przeprowadza się według stopnia ich wpływu /wzór 27/ na decydujący parametr urządzenia. Naturalnie, że dla regulacji wybiera się elementy mające największy wpływ.

Wymienione dwa warunki są konieczne i dostateczne przy dowolnym prawie rozkładu niezawodności parametrycznej.

L i t e r a t u r a

- [1.] Fisz M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. Warszawa, 1967 r.
- [2.] Turkieltaub P.M.: Metody issledowanija tocznosti i nadziežnosti schiem apparatury. Moskwa, 1966 r.
- [3.] Fidelis E.: Matematyczne podstawy oceny niezawodności. PWN, Warszawa 1966 r.
- [4.] Sapoznikow R.A. i inni: Nadiožnost awtomaticzeskich uprawliajuščich sistem. Izdat. "Wysszaja Szkoła", Moskwa, 1964 r.
- [5.] Głuzman Gł.: Nadiožnost ustanowok i sistem uprawlenia. Izdat. "Maszinostrojenie", Moskwa 1966 r.
- [6.] Llojd D.K.: Nadiožnost, organizacija issledowania, metody, matematičeskij aparat. Izdat. "Sow.Radio", Moskwa 1964 r.
- [7.] Sandler Dż.: Technika nadiožnosti sistem. Izdat. "Nauka", Moskwa 1966 r.
- [8.] Buslenko N.P. i inni: Metoda Monte Carlo. PWN, Warszawa 1967 r.
- [9.] Rajkin A.E.: Elementy teorii nadiožnosti dla projektowania techničeskich sistem. Izdat. "Sow.Radio", Moskwa 1967 r.
- [10.] Kirłowa L.S.: Optimizacija koniecznego sostojanija sistemy. "Awtomatika i Telemechanika", 1963, Nr 8.
- [11.] Siraziedtinow T.K.: K teorii optimalnych pressow s raspriedielenymi paramietrami. "Automat. i Telemech.", 1964, Nr 4.
- [12.] Masłow E.P.: Primienienie teorii statisticzeskich reszenii k zadaczam ocenki parametrow obiektu. "Automat. i Telemech.", 1963, Nr 10.
- [13.] Pugaczow W.S.: Teoria slučajnych funkcji i jeju primienienie k zadaczam awtomaticzeskowo uprawlenija. "Fitzmatgiz", 1960r.
- [14.] Drużynin G.W.: Nadiožnost ustrojstw awtomatiki. "Energia" 1964 r.
- [15.] Drużynin G.W.: Ob issledowanii sochranosti elementow awtomatiki. "Energetika i Awtomatika", 1959, Nr 6.

LABORATORYJNE BADANIA NIEZAWODNOŚCI I JAKOŚCI METROLOGICZNEJ WAG ANALITYCZNYCH

I. W s t ę p

Produkcja wag analitycznych w Polsce ma krótką, około 15-letnią tradycję, w związku z czym technologia wytwarzania tych przyrządów nie jest zbyt bogata w doświadczenia. W skali światowej produkcję przemysłową wag wysokiej dokładności rozpoczęto również niezbyt dawno, a zainteresowane zakłady ściśle strzegą swych tajemnic technologicznych.

Przed 1939 rokiem ten gatunek wag produkowany był wyłącznie metodami rzemieślniczymi, w których decydującą rolę odgrywa długoletnie doświadczenie pracowników. Każda z wyprodukowanych wag stanowiła przyrząd o odrębnej indywidualności, noszący piętno ręki swego twórcy, mistrza-rzemieślnika.

Gwałtowna rozbudowa bazy badawczej jaka nastąpiła po ostatniej wojnie światowej, wpłynęła na rosnący popyt na aparaturę laboratoryjną, do której m.in. należą również wagi wysokiej dokładności. Zmusiło to producentów do przejścia od metod rzemieślniczych do wielkoprzemysłowych, co miało zasadnicze konsekwencje w technologii wytwarzania. Zastosowanie technologicznych metod wielkoprzemysłowych wywołało szereg zjawisk ujemnych wpływających na charakterystykę metrologiczną. Szereg tych zjawisk opano, szeregu jednak nie udało się usunąć do dziś - odbijają się one ujemnie w pierwszym rzędzie na ich niezawodności i jakości metrologicznej. Rozpatrzeniu niektórych zagadnień z tego zakresu poświęcony jest niniejszy artykuł.

II. Zasadnicze wielkości metrologiczne charakteryzujące wagę wysokiej dokładności

Klasa wag, określana mianem "wag wysokiej dokładności" obejmuje m.in. następujące typy: analityczne, półmikroanalityczne oraz mikroanalityczne. Wymienione powyżej trzy rodzaje występują poza tym jeszcze w dwóch odmianach: z trójnożowymi belkami równoramiennymi oraz z dwunożowymi belkami nierównoramiennymi.

W pierwszej odmianie stosowana jest klasyczna metoda ważenia polegająca na porównywaniu momentów sił obu ramion w drugiej natomiast tzw. metoda ważenia przez podstawianie polegająca na utrzymaniu stałego obciążenia obu ramion. Nazywa się ją też niekiedy metodą stałego obciążenia /ang. constant load/, a wagi do niej przystosowane, wagami o stałym obciążeniu.

Wagi produkowane przez Zakłady Mechaniki Precyzyjnej w Gdańsku należą do pierwszej z wymienionych odmian, stanowią więc główny obiekt prac badawczych Zakładowego Laboratorium Fizycznego* Podstawową wielkością cha-

rakteryzującą niezawodność metrologiczną wagi z belką równoramienną jest jej nierównoramiennosc H. Jest to wielkość na ogół zależna od czasu H/t/ i zmiana jej poza dopuszczone przez WT granice prowadzi do błędnych wskazań wagi. W nowo wyprodukowanych belkach wag analitycznych wartość H ulega ciągłym zmianom w czasie i często znacznie przekracza dopuszczone przez WT odchyłki. W związku z tym konieczna jest korekcja, co nie zawsze w warunkach eksploatacyjnych jest możliwe.

Waga z nierównoramienną belką dwunożową, z samej zasady swej konstrukcji pozbawiona jest błędów, wynikających ze zmian nierównoramiennosci i wskutek tego jej dokładność i niezawodność metrologiczna jest znacznie wyższa od wagi z belką równoramienną. Niezawodność metrologiczna wag z belką nierównoramienną określona będzie w głównej mierze nie wielkością nierównoramiennosci H jak to miało miejsce w wagach z belką równoramienną, lecz położeniem punktu zerowego skali odczytowej w funkcji temperatury α_0/T . Zmiany tej wielkości poza granice określone dla danego typu wagi prowadzą do błędnych odczytów.

W przeprowadzonych dotychczas na terenie Zakładów Mechaniki Precyzyjnej badaniach najliczniej były reprezentowane wagi z belkami równoramiennymi o trzech nożach łożyskowych i obciążeniu ramion symetrycznym oraz niesymetrycznym. Przez niesymetrię obciążenia rozumie się tutaj niejednakową wyporność aerostaticzną obciążeń po obu stronach belki. W wagach tych szczegółowo badano nierównoramiennosc belek H i jej zmiany czasowe i temperaturowe.

Przyjmując oznaczenia:

d_1 - długość lewego ramienia belki
 d_2 - długość prawego ramienia belki

można zapisać:

$$H = \frac{d_1}{d_2} \quad /1/$$

co można wyrazić inaczej:

$$H = 1 + \frac{u_1 + u_2 - 2u_0}{2m} \quad /2/$$

gdzie:

u_0 - masa dokładki zerowej
 u_1 - " " obciążeniowej lewej szalki
 u_2 - " " " " prawej szalki
 m - " obciążenia próbnego

Wzór 2 podaje sposób tzw. wagowego pomiaru nierównoramiennosci belki a jego wyprowadzenie można znaleźć w monografii podanej w wykazie literatury /poz.1/.

Pomiar H metodą wagową przebiega następująco:

- 1 - dokładką u_0 sprowadza się wskazania wagi do zera;
- 2 - obciąża się obie szalki identycznymi odważnikami o masie m ;
- 3 - dokładką u_1 lub u_2 sprowadza się wskazania ponownie do zera;
- 4 - zamienia się miejscami odważniki i dokładką u_1 lub u_2 znów sprowadza wskazania do zera.

Przeprowadzony w ten sposób pomiar zapewnia wysoką dokładność, co ilustruje przytoczony niżej przykład:

Waga typu WA31

- nośność 200 g
- wartość wagowa działki elementarnej 0,1 mg

Dopuszczona WT nierównoramiennosc:

$$H = -1 \pm 1 \cdot 10^{-6}$$

co przy $d_1 = d_2 = 70$ mm daje $\Delta d = 0,1$ mikrona i wymaga tejże dokladnosci w ustawieniu nozy belki.

DoSwiadczenie produkcyjne, jakie w ubieglych latach zdobyto w Zakladach Mechaniki Precyzyjnej wskazuje, ze nawet najdokladniej ustawiona belka wykazuje po uplywie pewnego czasu zmiany H. Zmiany te sa tym wieksze, im krrotszy byl czas sezonowania wyprodukowanej belki. Niektore egzemplarze mimo sezonowania wykazuja jednak nadal zmiany H. Przyczyna tego zjawiska sa zmiany geometryczne elementow skladowych belki, wystepujace pod wplywem ustepowania naprezen wlasnych i montazowych.

Jak stad wynika, o przebiegu H/t decyduje historia danego egzemplarza belki. Czynniki zewnetrzne moga te zmiany jedynie przyspieszyc lub opoznic, samo ich istnienie jest jednak od nich niezalezne. Niezawodnosc metrologiczna wagi determinowana jest wiec w zasadniczej mierze wielkoscia H.

Inna, wazna wielkoscia metrologiczna, charakteryzujaca wage pod wzgledem jakoosciowym, jest stabilnosc polozenia punktu zerowego skali odczytowej w funkcji czynnikow zewnetrznych:

$$S = S/T, p, f/ \quad /3/$$

gdzie:

- T - temperatura otaczajacej atmosfery;
- p - cinienie " " ;
- f - wilgotnosc względna otaczajacej atmosfery.

Reasumujac, jakoSc metrologiczna wagi zalezy od wielu czynnikow - przede wszystkim konstrukcyjnych, technologicznych i wykonawczych. Wielkosc S determinowana jest glownie ideowa poprawnoscia konstrukcji, a nastepnie precyzja wykonania belki wagi. Czynniki p i f okreslaja gęstoSc atmosfery, a tym samym momenty wypornosci aerostaticznej obciazen obu ramion belki. Przy zmianie p albo f lub obu tych czynnikow wielkosc momentow ulega zmianom i jesli sa one niejednakowe, rownowaga belki zostaje zachwiana. Poprawnosc konstrukcji belki i jej uzbrojenia polega na takim dobraniu materialow, zeby srednia gęstoSc obciazen obu ramion byla jednakowa.

Wplyw temperatury na przebieg S jest okreslony roznicą rozszerzalnosci obu ramion belki. W przypadku jednakowej rozszerzalnosci obu tych ramion /co w praktyce zdarza sie rzadko/ otrzymujemy:

$$S/T/ = \text{const} \quad /4/$$

w granicach $\Delta T = 4 \pm 6^\circ$ przy $T = 293^\circ \text{K}$.

Znacznie latwiej jest zrealizowac warunek:

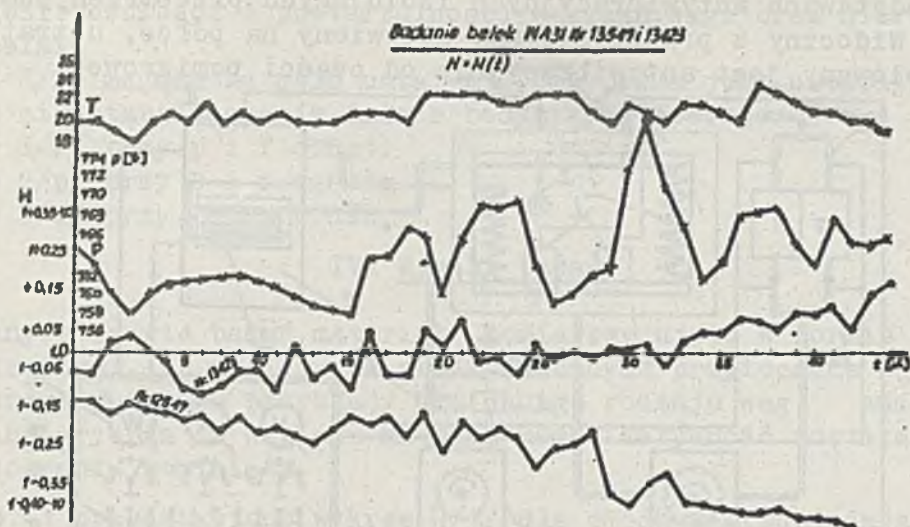
$$S/p, f/ = \text{const} \quad /5/$$

przez wywazenie aerostaticzne obciazen koncow belki.

III. Metodyka laboratoryjnych badan H/t/ i S/T, p, f/.

Badanie przebiegow H/t/ i S/T, p, f/ bez odpowiedniej aparatury badawczej jest bardzo utrudnione i moze byc jedynie rozpatrywane w przyblizeniu. Rys. 1 przedstawia przebieg H/t/ dla dwuch wag o belkach rownoramian-

nych. Na wykres nanięsiono również przebieg temperatury i ciśnienia w okresie badań.



Rys. 1

Jak z tego wynika, silniejszym zmianom T towarzyszą wydatniejsze zmiany H. Zależność ta jest jednak słabo widoczna ze względu na skutek istnienia czynników zaburzających, których przy tej metodzie badań nie można wyeliminować. Oprócz takich czynników jak drgania czy drobne przesunięcia wagi, na przebieg badań wpływały również w pewnym stopniu zmiany p i f.

W celu uniezależnienia się od niekontrolowanych zmian T, p, i f wykonano w Zakładach Mechaniki Precyzyjnej komorę klimatyzacyjną przeznaczoną do badań metrologicznych.

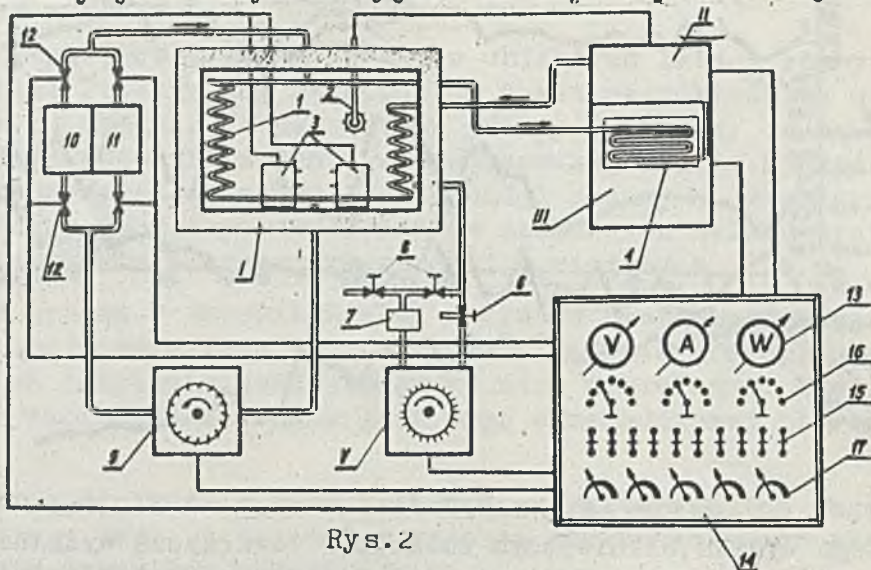
Podstawowe dane techniczne komory:

typ	KM-2
wymiary wnętrza	820 x 780 x 600
wysokość drzwi	550 mm
szerokość drzwi	600 mm
zakres regulacji ciśnienia	700 ÷ 800 Tr $\Delta p = \pm 0,5$ Tr
zakres regulacji wilgotności względnej	5 ÷ 95% $\Delta f = \pm 2\%$
zakres regulacji temperatury	253 --- 373°K
dokładność regulacji temperatury	$\pm 0,02$ °K

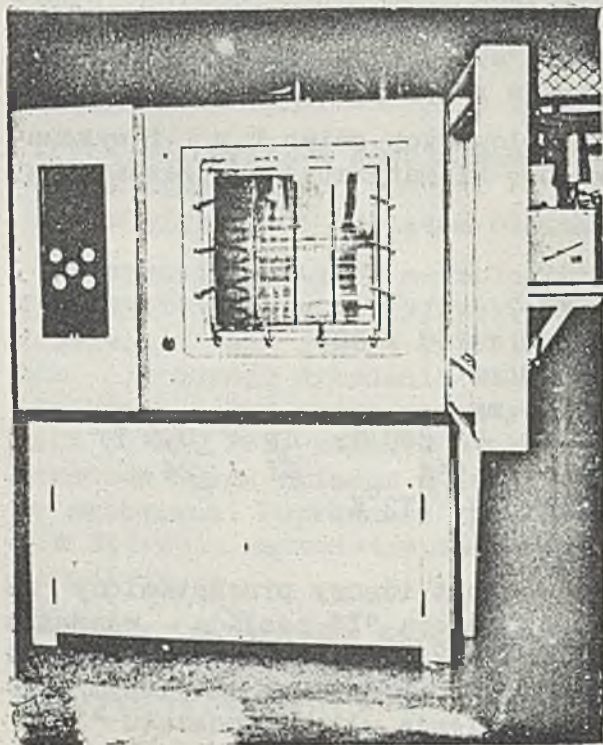
Zasadę działania urządzenia wyjaśnia schemat ideowy przedstawiony na rys. 2. Hermetyczna i izolowana termicznie komora "I" posiada wewnątrz wężownicę nagrzewająco-oziębiającą "1", przez którą przepływa czynnik transportujący ciepło /np. woda destylowana ze spirytusem metylowym/. Temperatura czynnika obiegowego zależy od ustawienia ultratermostatu "II".

W wypadku konieczności uzyskania temperatur ujemnych, uruchamiana jest chłodziarka "III" i czynnik ulega oziębieniu w wymienniku ciepła "4", aby następnie zostać ogrzany w ultratermostacie "II" do zadanej temperatury. Badany przyrząd pomiarowy /np. waga analityczna/ uruchamiany jest wewnątrz komory "I" za pomocą elektromechanicznego układu zdalnego sterowania, którego zespoły wykonawcze "3" znajdują się wewnątrz komory. Wszystkie urządzenia współpracujące z komorą sterowane są z jednego, centralnego pulpitu kontrolno-sterującego "14".

Fot. 1 przedstawia wygląd zewnętrzny komory. Wszystkie zespoły przedstawione na schemacie jako oddzielne bloki umieszczone tutaj we wspólnej obudowie. Górna część obudowy, zawierająca właściwą komorę, ustawiona jest na podstawach antywibracyjnych izolujących przestrzeń pomiarową od wstrząsów. Widoczny z prawej strony, ustawiony na półce, ultratermostat również izolowany jest antywibracyjnie od części pomiarowej.



Rys. 2



Fot. 1

W opracowanej obecnie wersji komory przewidziane jest zainstalowanie we wnętrzu komory wyłącznie czujników T, p i f, które będą przekazywać na drodze elektrycznej swe wskazania. Dzięki wysokiej dokładności regulacji czynników atmosferycznych w komorze, możliwe było przeprowadzenie dokładnych badań H/t/ oraz S/T, p, f/. Ponieważ uprzednio przeprowadzone badanie H/t/ wskazywały na dużą zależność od temperatury, przeprowadzono więc badania H w funkcji T przy p i f stałych. Przebieg H/t/ przyjęto za podstawowe kryterium w ocenie niezawodności metrologicznej belki wagi analitycznej /sposób oceny podano w pkt. IV/.

Zamiast długotrwałego badania H/t/ przeprowadza się obecnie szybkie, trwające zaledwie trzy doby badania H/t/. Badania S/p, f/ również można było znacznie skrócić i uniezależnić od

stanu pogody. Obecnie trwają one kilka godzin i mogą być przeprowadzane w różnych, dokładnie stabilizowanych temperaturach T. Pełne badania S/T, p, f/ trwają podobnie jak i H/T/ kilka dni i warunkiem pomyślnego ich przebiegu jest ustabilizowanie się belki. Pojęcie to oznacza osiągnięcie przez nią takiego stanu, w którym nie zachodzą już dalsze, niekorzystne zmiany H. W przeciwnym wypadku badanie funkcji S/T/ obarczone jest błędem.

Jak wspomniano, przebieg H/T/ jest podstawowym kryterium metrologicznej niezawodności belki. Przebieg ten stanowi również kryterium oceny, czy belka jest ustabilizowana czy nie. Niezawodna metrologicznie belka to taka, której przebieg H/t/ ma wartość stałą lub prawie stałą /zmiany nie przekraczają granic określonych przez WT danego typu wagi/, a więc jest ustabilizowana.

Przebieg badań niezawodności i jakości metrologicznej wagi przedstawia się następująco:

- sprawdzenie czułości i powtarzalności wskazań wagi oraz nierównoramienności belki,
- badanie H/T/ mające na celu ustalenie, czy belka jest ustabilizowana /w wypadku niestabilizowania dalsze badania są niecelowe/
- badanie S/T/ przy p i f const,
- badanie S/p/ przy T i f const,
- badanie S/f/ przy T i p const,

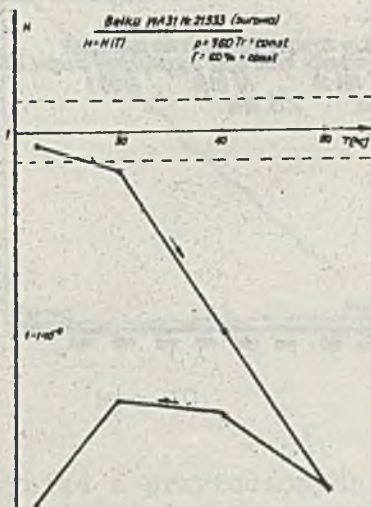
IV. Wyniki badań

Uzyskany w czasie badań materiał pomiarowy ujęto w formie tabelarycznej i wykresowej. Ze względu na obfitość danych przytoczone są tu jedynie najbardziej typowe przykłady dla danego rodzaju wag analitycznych. Postać tabelaryczna ze względu na małą komunikatywność została w niniejszym opracowaniu pominięta.

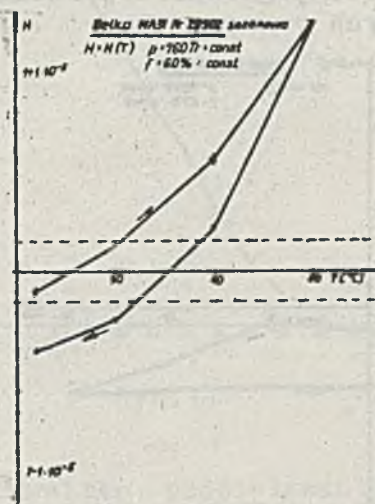
Na rys. 1 przedstawiono wykres H/t/ dla dwóch wag posiadających belki, jak pokazano na fot. 2. W ciągu ostatnich pięciu lat badania tego typu przeprowadzono na ok. 100 egzemplarzach różnych typów wag analitycznych /wszystkie jednak posiadały belkę równoramienną/. Przedstawione na w/w rysunku przebiegi ilustrują H/t/ dla niedostatecznie wysezonowanych belek. Bardzo wyraźnie przedstawia to wykres H/t/ wagi nr 13547, na którym widać, że po 30 dniach zmiana H znacznie przekracza dopuszczalne granice.

Dwa górne wykresy, zgodnie z oznaczeniem, przedstawiają przebieg temperatury i ciśnienia w okresie przeprowadzenia badań. Z porównania przebiegu "p" z dwoma dolnymi wykresami H/t/ wynika, że ciśnienie nie wywiera żadnego wpływu na te przebiegi. Nie można jednak tego twierdzić z całą pewnością o wpływie temperatury.

Ponieważ rys. 1 przedstawia przebiegi H/t/ dla wag nieizolowanych od wpływów otoczenia, wyniki obarczone są błędami przypadkowymi. Jednoznaczną wymowę mają natomiast wyniki uzyskane podczas badania wag w klimatyzacyjnej komorze metrologicznej. Pierwszym tego przykładem jest przebieg H/T/ dla surowej /zupełnie niezesonowanej/ belki wagi WA31. Przedstawia to rys. 3. Wyraźnie występuje tu nieodwracalny przebieg zmian H/T/.



Rys.3



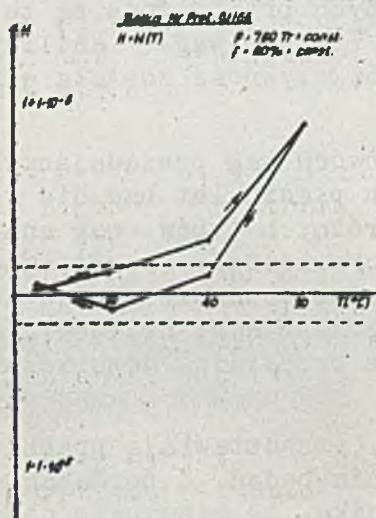
Rys.4

Przedstawiony natomiast na rys. 4. przebieg H/T/ dla sezonowanej belki tego samego typu wagi, ma kształt bardziej poprawny. Do 30°C H/T/ znajduje się w pasie dopuszczalnych odchyłek, podczas gdy dla przebiegu przed-

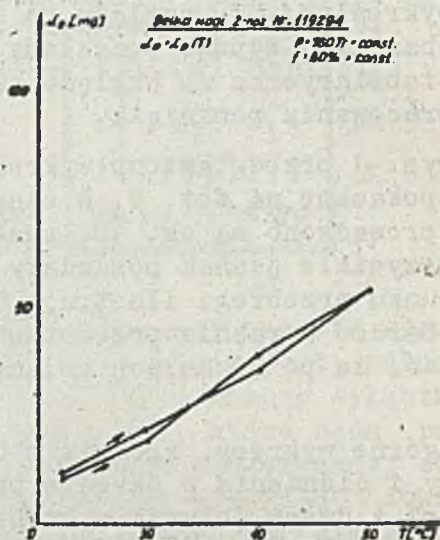
stawionego na rys. 3 przekracza go, już przy 27°C. Istotną własnością przebiegu z rys. 4 jest również niewielki w porównaniu z poprzednim, obszar między dolnym i górnym przebiegiem. Idealny przebieg nastąpiłby wówczas, gdyby obie te krzywe się pokrywały.

Jak wynika z wykresu, mimo że przebieg ten ma kształt znacznie lepszy od poprzedniego, końcowa wartość H, do której belka doszła po powrocie do temperatury wyjściowej, przekracza dopuszczalne granice. Dalszym udoskonaleniem w tym zakresie jest zastosowanie belki o innej konstrukcji opraw noży bocznych. Sposób zamocowania tych opraw całkowicie niemal eliminuje niekorzystne zmiany H.

Wykres H/T/ dla tego typu belki przedstawia rys. 5. Wynika z niego, że obszar między dwiema krzywymi jest jeszcze mniejszy niż na krzywej z rys.4.

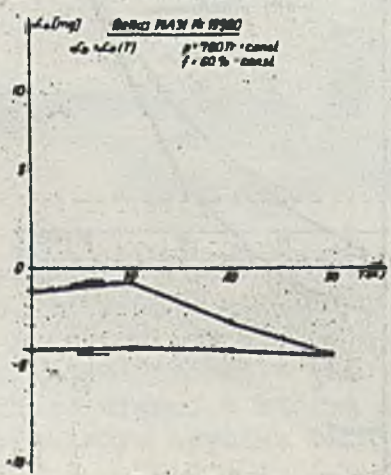


Rys.5

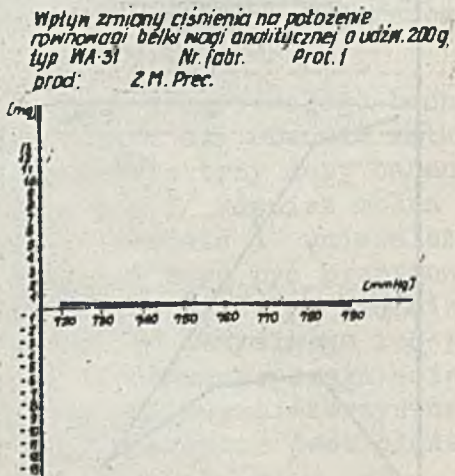


Rys.6

Wynikiem badań niezawodnościowych wagi z dwunożową belką nierównoramienną jest przebieg przedstawiony na rys.6. Zilustrowano tu zależność d_0/T / tzn. położenia punktu zerowego skali w funkcji temperatury. Mimo, że nachylenie przebiegu jest duże /skutek niesymetrii/, ma ona przebieg niemal liniowy i obszar zawarty między obiema liniami jest znacznie mniejszy niż w przytoczonych poprzednio przykładach. Wskazuje to, że niezawodność metrologiczna tej ostatniej belki jest znacznie lepsza niż belek trójnożowych



Rys.7

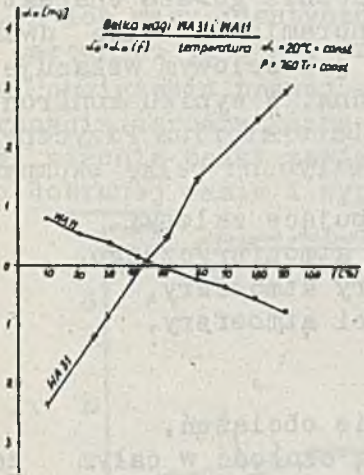


Rys.8

Następną grupą badań były badania jakościowe, obejmujące określenie zależności S/T, p, f/. Na rys. 7 przedstawiono przebieg d_0/T / dla długiego sezonowanej belki wagi WA31. Wskazuje on, że sezonowanie było

jednak niewystarczające, gdyż w belce zaszły nieodwracalne zmiany przejawiające się różnym położeniem punktu początkowego i końcowego przebiegu. Nachylenie jego jest jednak nieduże i w porównaniu z przebiegiem z rys. 6 wykazuje wyraźnie zalety symetrii.

Przedstawiony na rys. 8 przebieg $\Delta_0/p/$ wskazuje pozornie stałą zależność od ciśnienia. Praktycznie można przyjąć, że belka WA31 posiada $\Delta_0/p/ = \text{const}$. Przebieg $\Delta_0/f/$ przedstawiony na rys. 9 dla tej samej belki wykazuje jednak silniejszą stromość, co jest wynikiem absorpcji lub desorpcji pary wodnej na powierzchni belki i zawieszonych na niej elementach układu ważącego /wieszaki, odważniki, szalki itp./. Towarzyszy temu występowanie znacznie większych zmian obciążeń obu ramion belki, niż ma to miejsce przy zmianach ciśnienia.

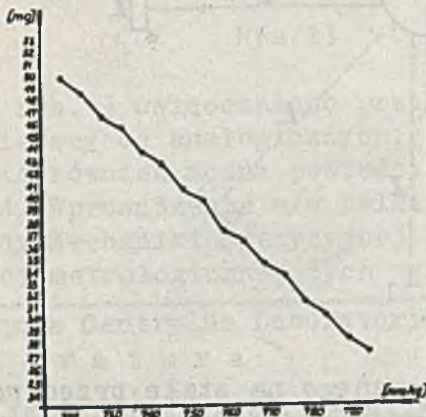


Rys.9

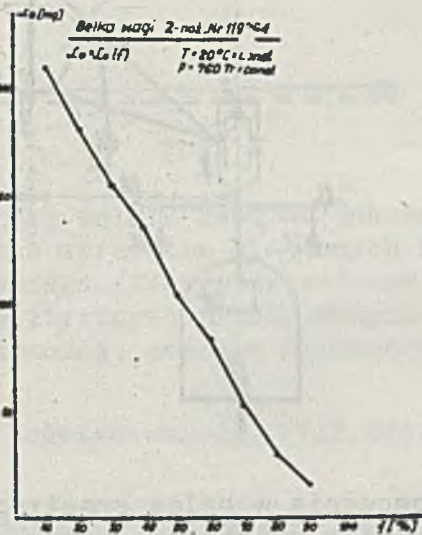
Drugi z wykresów na rys. 9, odnoszący się do belki WA11, posiadającej lepsze wyrównanie wyporności aerostaticznej i lepszą symetrię obciążeń, ma mniejsze nachylenie i świadczy o lepszym zachowaniu się tej ostatniej.

Na rys. 10 przedstawiono przebieg $\Delta_0/p/$ dla dwunożowej belki niesymetrycznej. Widać tu wyraźnie silną zależność od p , co jest wynikiem niesymetrii ramion. Jeszcze silniejszą zależność położenia punktu zerowego skali od zmian gęstości atmosfery dla tej samej belki ilustruje przebieg $\Delta_0/f/$ przedstawiony na rys. 11.

Wpływ zmiany ciśnienia na położenie ramionowagi belki waż. analitycznej w udzi. w 200g
typ 2623 Nr fabr. 119294
prod. f. wy. Sartorius



Rys.10



Rys.11

Jak wynika z przytoczonych przykładów, charakter oddziaływania zmian "p" i "f" jest w istocie identyczny. Zachodzi jedynie różnica w intensywności. Dla określenia wyważenia aerostaticznego belki wystarczy więc na ogół zbadać przebieg $\Delta_0/f/$.

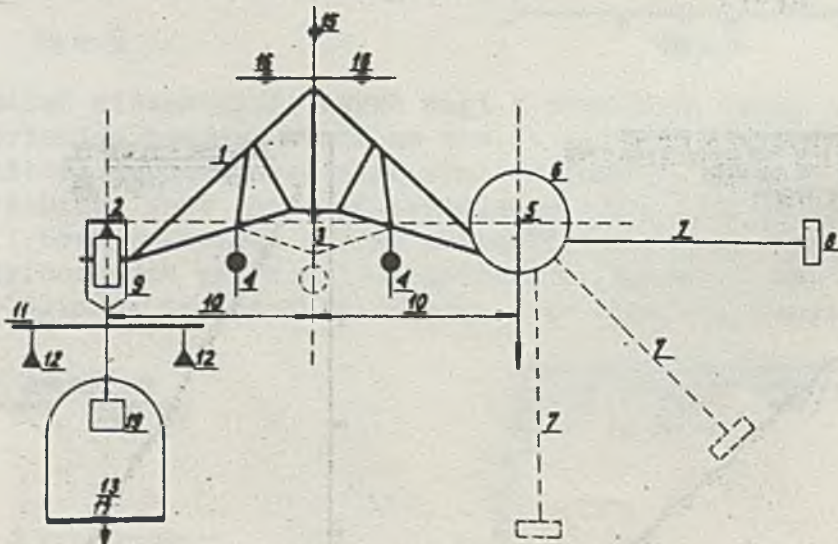
V. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań ustalono zasadnicze kryteria oceny niezawodności i jakości metrologicznej wag analitycznych. Odnoszą się one głównie do ich węzłowego elementu konstrukcyjnego, jakim jest belka. Symetryczne belki trójnożowe na skutek efektów naprężeniowych wykazują dalekie od doskonałości przebiegi $H/T/$. Odnosi się to szczególnie do belek posiadających konstrukcję opraw noży bocznych tak jak przedstawiono na fot. 2. Znacznie lepsze wyniki pod tym względem uzyskano, stosując wciskane w końce belki oprawy noży bocznych.

Przebiegi $S/T, p, f/$ tzn. $\Delta o/p/$ i $\Delta o/f/$ dla belek symetrycznych są natomiast znacznie lepsze niż analogiczne dla nierównoramiennych belek dwunożowych, które pod tym względem wykazują znacznie gorszą charakterystykę. Zależność $\Delta o/T/$, charakteryzująca nierównoramienną belkę dwunożową, zarówno pod względem niezawodnościowym jak i jakościowym wskazuje, że tego typu belka jest znacznie bardziej niezawodna. W wyniku konfrontacji zalet i wad obu rodzajów belek, opracowano w Laboratorium Fizycznym Zakładów Mechaniki Precyzyjnej tzw. dwunożową, symetryczną belkę skompensowaną.

W konstrukcji tej udało się uzyskać następujące zalety:

- zredukowaną wrażliwość na zmiany ciśnienia atmosferycznego,
- zredukowaną wrażliwość na zmiany temperatury atmosfery,
- zredukowaną wrażliwość na zmiany wilgotności atmosfery,
- eliminowanie wpływu zmian H ,
- krótki okres wahań swobodnych,
- stałą skuteczność tłumienia w całym zakresie obciążeń,
- stałe ugięcie belki i w związku z tym stałą czułość w całym zakresie obciążeń.



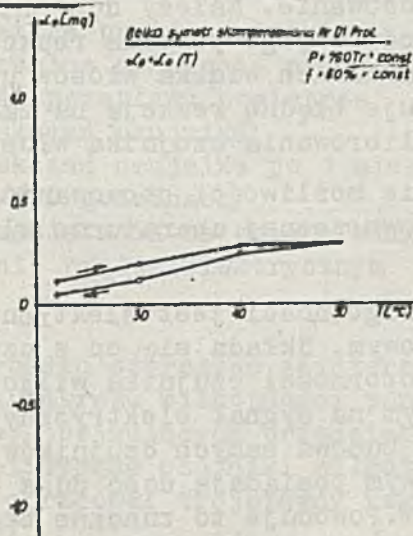
Rys. 12

Zastosowanie w belce symetrycznej zamocowanego na stałe przeciwcieżaru, eliminuje skutecznie wpływ zmian nierównoramienności tak dotkliwie odczuwalny w belkach trójnożowych. Rozwiązanie to usuwa też i drugą wadę, skracając okres wahań swobodnych, gdyż układ wający jest w tym wypadku wahadłem podwójnym. Wpływ zmian parametrów atmosfery eliminowany jest przez dobór wyporności aerostatycznej obciążeń na obu ramionach opisywanej belki. Dzięki temu momenty sił wyporności aerostatycznej działające na każde z ramion przy zmianie gęstości atmosfery są równe i nie wpływają zaburzająco na stan równowagi belki.

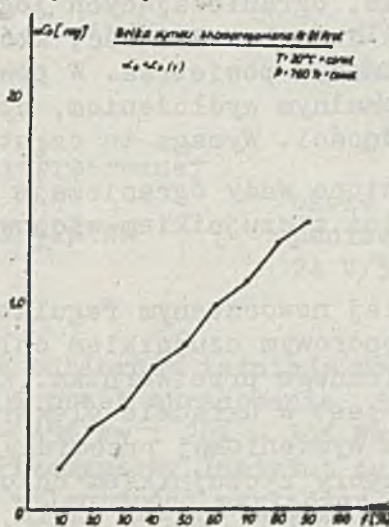
Na rys. 12 przedstawiono schematycznie układ skompensowanej belki symetrycznej. Na symetrycznych ramionach 10 belki 1 umieszczono: na lewym

nóż boczny 2, na prawym natomiast zamiast drugiego noża bocznego przeciwciężar 6, który posiada oś symetrii, przechodzącą przez środek masy 5 i leżącą w płaszczyźnie wyznaczonej przez ostrza noży 2 i 3. Dzięki omówionemu powyżej rozmieszczeniu niepotrzebne jest wahliwe zawieszanie przeciwciężaru na łożysku nożowym i może on być zamocowany na stałe.

Do prawego ramienia belki przymocowana jest również wskazówka odczytowa 7 z umieszczoną na końcu mikroskalą 8. Kąt między osią wskazówki 7, a osią przechodzącą przez 2, 3 i 5 może być dowolny w granicach od 0° do 90° . O jego wielkości decyduwać będą konkretne warunki konstrukcyjne danej wagi - wskazują to linie przerywane 7. W celu wyważenia belki i nadania jej odpowiedniej czułości, uzbrojona jest ona w jeden /umieszczony na osi symetrii belki, co zaznaczone linią przerywaną/ lub dwa uczulacze zgrubne 4 i uczulacz dokładny 15. W wariantcie zawierającym dwa uczulacze zgrubne 4, rozmieszczenie ich jest symetryczne względem ostrza noża głównego 3, a ich masy identyczne. Do dokładnej regulacji układu ważącego służą tarowniki 16 i wspomniany już wyżej uczulacz 15. Ze względu na dodatkowe obciążenie prawej strony belki małą w stosunku do całości masą i wypornością aerostaticzną wskazówki odczytowej 7 wraz z mikroskalą 8, po lewej stronie belki zawieszony jest ciężarek kompensujący 19 o odpowiednio dobranej masie i wyporności aerostaticznej.



Rys.13



Rys.14

Na rys.13 uwidoczniono przebieg L_0/T tej belki. Jest on znacznie poprawniejszy od analogicznych, przytoczonych uprzednio dla innych belek. To samo również można powiedzieć i o przebiegu L_0/f przedstawionym na rys.14. Wprowadzenie w/w belki do wag analitycznych produkowanych przez Zakłady Mechaniki Precyzyjnej pozwoliło na znaczną poprawę niezawodności i jakości metrologicznej tych wyrobów.

* Obecnie Centralne Laboratorium Zakładu Doświadczalnego PIAP, Oddz. Gdański
L i t e r a t u r a

- [1.] Felgentraeger W.: "Wagi wysokiej dokładności". PWT, Warszawa 1952.
- [2.] Nikonorow N.M., Marsow A.W., Jermakow P.E.: "Laboratornyje wiesy". Maszgiz, Moskwa 1963.
- [3.] Patent PRL Nr 53247 "Symetryczna belka do wagi analitycznej lub mikroanalitycznej".
- [4.] Almer H.E.: "Response of microchemical balances to changes in relative humidity", J. Research, NBS 1960 wol.64c.
- [5.] Schweizerische Eidgenossenschaft, Patentschrift Nr 381442 "Unsymmetrischer Waagebalken für Analysen - oder Mikrowaage".
- [6.] US Patent Nr 3.168.154 "Balance for fine weighing".

REGULATOR WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ POWIETRZA Z ELEKTROLITYCZNYM CZUJNIKIEM OPOROWYM

Z regulatorów wilgotności produkowanych w kraju najpopularniejszy jest regulator włosowy. Zasada jego działania polega na zjawisku zmiany długości wiązki włosów lub odpowiednich włókien pod wpływem zmian wilgotności powietrza. Regulator ten, stosunkowo prosty i tani, posiada jednak szereg wad, ograniczających jego zastosowanie. Należy do nich przede wszystkim duża bezwładność, która powoduje jego powolną reakcję na zmianę wilgotności powietrza. W pewnych warunkach wiązka włosów ulega nieproporcjonalnym wydłużeniom, co powoduje błędną reakcję na zadane warunki wilgotności. Wymaga to częstego kalibrowania czujnika włosowego.

Wymienione wady ograniczają znacznie możliwości stosowania regulatorów wilgotności z czujnikiem włosowym w nowoczesnej aparaturze klimatyzacyjnej.

Bardziej nowoczesnym regulatorem wilgotności jest elektroniczny regulator z oporowym czujnikiem chlorolitowym. Składa się on z czujnika oraz elektronicznego przetwornika. Zmiana oporności czujnika wilgotności przetwarzana jest w układzie elektronicznym na sygnał elektryczny. Zarówno mechanizm wymienionej przemiany jak i budowa samych czujników powodują, że regulatory z czujnikiem chlorolitowym posiadają dość dużą bezwładność. Ich stała czasowa wynosi około 5 minut. Powoduje to znaczne błędy w pomiarze wilgotności powietrza w przypadku szybkich zmian.

Sygnał wysyłany przez oporowy czujnik chlorolitowy związany jest ze zmianą punktu rosy jako odpowiednika wilgotności bezwzględnej otaczającego powietrza. Przy regulacji najbardziej interesująca jest zmiana wartości wilgotności względnej. Uzyskanie regulacji takiej wilgotności wymaga sprzężenia czujnika chlorolitowego z termometrem oporowym, mierzącym temperaturę powietrza. Powoduje to rozbudowę konstrukcyjną regulatora i znaczne zwiększenie kosztów jego wytwarzania. Dlatego też regulatory elektroniczne z czujnikiem chlorolitowym są znacznie droższe niż na przykład regulatory z czujnikiem "włosowym".

Poszukując lepszych i bardziej ekonomicznych rozwiązań regulatorów wilgotności podjęto prace nad nowymi czujnikami wilgotności. W wyniku ich opracowano w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów nowy czujnik wilgotnościowy. Zasada działania tego czujnika polega na bezpośrednim przetworzeniu sygnału wilgotności powietrza na sygnał elektryczny za pośrednictwem przetwornika oporność-prąd.

Elektrolityczny czujnik zbudowany jest z płytki polistyrenowej, na powierzchni której nawinięte są bifilarnie dwie elektrody z drutu srebrnego. Końce elektrod doprowadzone są do dwu nitów rurkowych, drugie wtopione w płytkę. W miejscu nawinięcia elektrod powierzchnie płytki pokryte są warstwą higroskopijnego lakieru, tworzącego błonę, który przewodzi

prąd elektryczny. Higroskopijna warstwa, po przyłożeniu prądu przemien- nego do elektrod srebrowych zmienia impedancję wraz ze zmianą wilgotności względnej, w określonych granicach przy określonej temperaturze powietrza

Opracowane czujniki cechuje wysoka stabilność sygnału prądowego pod- czas długotrwałej pracy oraz jednoznaczność w określonych warunkach wilgotności, temperatury i ciśnienia otaczającego powietrza. Wymie- nione cechy stwarzają możliwość technicznego zastosowania czujników do regulatorów wilgotności, przeznaczonych do pracy ciągłej przez długi o- kres czasu. Jak wykazały próby eksploatacyjne, błąd reakcji czujnika na określoną wilgotność względną po dwuletniej nieprzerwanej pracy wynosił +4% Ww /wilgotności względnej/.

Elektrolityczne czujniki oporowe posiadają następujące parametry tech- niczne:

- Zakres pomiarowy wilgotności względnej. 40% - 95% Ww
Zakres ten jest pokryty trzema czujnikami o następu-
jących przedziałach: 40% - 65% Ww
60% - 85% Ww
75% - 95% Ww
- Temperatura pracy czujników 0°C - 45°C
- Dopuszczalne ciśnienie pracy do 2 atm.
- Szybkość przepływu powietrza około 0,5 m/s
- Błąd wskazań czujnika +1% Ww
- Błąd wskazań czujnika po 1 miesiącu nieprzerwanej /
pracy /720 godzinach/ około +0,5% Ww
- Czas zadziałania na zmianę wilgotności +2% Ww poniżej 1 s.
- Zasilanie prądem elektrycznym 24 V/50 Hz.

W przypadku szerszego zainteresowania odbiorców istnieje możliwość p- szerzenia zakresu wilgotności poniżej 40% przez opracowanie dodatkowych czujników, obejmujących przedziały 30% - 45% Ww i 20% - 35% Ww. W oparciu o elektrolityczne czujniki wilgotności Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów opracował trójstawny regulator wilgotności względnej /Higrostat typ RWw-1/.

Posiada on następujące własności techniczne:

- Napięcie zasilania 220V \pm 10%, 50 Hz
- Pobór mocy około 2,5 VA
- Maksymalne obciążenie regulatora przez urządzenie sterowe. 220/5-10 A
- Maksymalna odległość czujnika od obudowy regulatora 20 m
- Zakres temperaturowy pracy 0°C - 45°C
- Niedokładność zadziałania \pm 1,5% Ww
- Zakres regulowanych wilgotności względnych 40% - 65% Ww
- Cena wraz z czujnikiem ca 8 000 zł

Higrostat typ RWw-1 jest trójstawnym regulatorem przeznaczonym do u- trzymywania zadanej wartości wilgotności względnej powietrza w pomiesz- czeniach klimatyzowanych. Znajduje zastosowanie w klimatyzacji komfor-owej jak też przemysłowej, przede wszystkim tam, gdzie nie występuje zbyt duże zapylenie atmosfery. Przeznaczony jest on do pracy ciągłej. Służy do regulacji wilgotności względnej w przedziale 40% - 65% Ww, ale po za- stosowaniu odpowiednich czujników i przeskalowaniu może obejmować zakres od 20% do 95% Ww.

Część elektroniczna regulatora umieszczona jest w skrzynce bakelito-
wej o wymiarach 210 x 120 x 100. Czujnik może być umieszczony w odpowie-
dnich uchwytach na skrzynce regulatora lub w osobnej obudowie o wymia-
rach 100 x 60 x 35. Może on być również zawieszony w wybranym, dowolnym
miejscu. Przeprowadzone badania laboratoryjne i eksploatacyjne regu-
łów typu RWw-1 wykazały pełną ich przydatność techniczną.

Poza wymienionym higrostatem opracowano prototyp dwuwarstwowego regu-
latora pracującego w sprzężeniu z elektrolitycznymi czujnikami wilgotno-
ści. Dzięki swej prostej budowie jest on znacznie tańszy od regulatora
trójstawnego.

Trwałość i czas pracy czujnika regulatora są ograniczone przede
wszystkim stopniem zanieczyszczenia atmosfery. Przy normalnej zawartości
zanieczyszczeń występujących w powietrzu i dokładności regulacji $\pm 3\%$ wil-
gotności względnej elektrolityczne czujniki oporowe mogą pracować przez
okres 2 lat. Po upływie tego czasu powinny być wymieniane na nowe. W przy-
padku kondensacji pary wodnej na powierzchni czujnika /osiadania kropel
rosy/następuje jego zniszczenie.

Własności opracowanych elektrolitycznych czujników oporowych wilgot-
ności w porównaniu z podobnymi czujnikami, produkowanymi przez firmę Dan-
foss /Dania/ podaje tabela 1.

T a b e l a 1

		Czujniki PIAP	Czujniki firmy Danfoss wg danych katalogowych
1.	Zakres reakcji na wil- gotność względną objęty czujnikami	40% - 95% W_w a. 40% - 65% W_w b. 60% - 85% W_w c. 75% - 95% W_w	45% - 95% W_w a. 45% - 75% W_w b. 75% - 95% W_w
2.	Błąd wskazań	$\pm 1\%$ W_w	$\pm 1\%$ W_w
3.	Czas zadziałania poniżej	1 s.	1 s.
4.	Zasilanie	24V i 50Hz	24V i 50Hz

Regulatory z opracowanymi czujnikami elektrolitycznymi są znacznie tań-
sze od podobnych regulatorów z czujnikami chlorolitowymi. Cena regu-
latora wilgotności dwustawnego z czujnikiem elektrolitycznym będzie wynosiła
ca 3 500 zł. Dla porównania, regulator dwustawny produkcji firmy zachod-
niej kosztuje około 100 dolarów, natomiast jeden czujnik elektrolityczny
około 11 dolarów.

Przedstawione dane wskazują na celowość uruchomienia opracowanych re-
gulatorów. Brak na rynkach krajów socjalistycznych i niektórych kapita-
listycznych opracowań oraz produkcji tego rodzaju nowoczesnej aparatury
stwarza znaczne możliwości jej eksportu.

Opracowane poza regulatorami elektrolityczne czujniki wilgotności
stwarzają możliwość konstrukcji innych mierników wilgotności, np. elek-
troniczne mierniki wilgotności względnej powietrza i gazów, magazynowe
stacje kontrolne wilgotności powietrza oraz mierniki wilgotności ciał
sypkich.

mgr inż. Henryk ZAWISTOWSKI
Warszawskie Zakłady Aparatury
Laboratoryjnej i Pomiarowej

PROBLEMY PRODUKCJI WYROBÓW PRECYZYJNYCH Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Jednym ze znamion postępu technicznego w ostatnim dziesięcioleciu jest coraz szersze stosowanie tworzyw sztucznych do wyrobu części maszyn i urządzeń.

Najwięcej trudności przysparza produkcja wyrobów o wąskim zakresie tolerancji wymiarowych, zwanych wyrobami precyzyjnymi. Głównym problemem w zakresie tej produkcji jest uzyskanie właściwej dokładności wymiarowej. Przyczyną tego jest przede wszystkim duży i niejednorodny skurcz tworzyw termoplastycznych.

Nieznajomość specyfiki procesu przetwórczego prowadzi często do nieporozumień między użytkownikiem a przetwórcą. Użytkownik przyzwyczajony jest do dokładności wymiarowych określonych normami przemysłu metalowego i chciałby te normy zastosować do precyzyjnych wyrobów wtryskowych z tworzyw sztucznych, nie pamiętając, że natura tworzyw sztucznych narzuca pewne niemożliwe do przekroczenia granice dokładności.

Jakie warunki muszą być dotrzymane, aby możliwa była produkcja prawidłowych wyprasek wtryskowych o powtarzalnych własnościach i wymiarach w wąskim zakresie tolerancji?

Ponieważ użytkownik narzuca swoje wymagania co do konstrukcji wypraski i rodzaju tworzywa, z którego ma być wykonana, musi on na podstawie szczegółowej analizy:

- dobrać najwłaściwsze tworzywo,
- zapewnić technologiczność konstrukcji wypraski,
- przy określeniu tolerancji wymiarowych oprzeć się o istniejące normy dopuszczalnych odchyłek i tolerancji dla wyprasek wtryskowych.

Dobór tworzywa jest o tyle utrudniony, że w przypadku produkcji wyrobów precyzyjnych mogą być brane pod uwagę przede wszystkim tworzywa zagraniczne, ponieważ w kraju brak dotychczas podstawowych tworzyw konstrukcyjnych o właściwej jakości.

Podobnie przy określaniu tolerancji wymiarowych należy opierać się na normach obcych, gdyż w kraju opracowano dotąd tylko normę dokładności wymiarów warsztatowych wyrobów z tworzyw sztucznych.

Dla uzyskania wyrobów o odpowiedniej jakości producent powinien posiadać:

- nowoczesne maszyny przetwórcze,

- dobrze wyposażoną i zorganizowaną narzędziownię,
- prawidłowo zorganizowaną produkcję, zapewniającą utrzymanie specjalnej dyscypliny technologicznej,
- personel techniczny - konstruktorów, technologów i narzędziowców o wysokich kwalifikacjach,
- dobrze wyposażony ośrodek badań technologicznych,
- specjalistyczny ośrodek informacji naukowo-technicznej.

Bez spełnienia tych podstawowych warunków nie może być mowy o skonstruowaniu i wykonaniu, prawidłowej formy wtryskowej, zapewnieniu właściwego procesu technologicznego i uzyskaniu masowej produkcji wyrobów precyzyjnych.

Poniżej omówione zostaną niektóre czynniki wywierające wpływ na dokładność wymiarową i własności mechaniczne wyrobów precyzyjnych, otrzymanych metodą wtrysku.

1. Konstrukcja formy

Przystępując do konstruowania formy na wyroby precyzyjne, konstruktor powinien dysponować szeregiem danych wyjściowych. We wszystkich przypadkach podstawą jest rysunek wypraski, w którym uzgodnione zostały z odbiorcą następujące parametry:

- tolerancje wymiarowe,
- dopuszczalne wielkości pochyłeń i promieni technologicznych,
- gładkości powierzchni,
- krawędzie, które nie mogą mieć zalewek /gratu/,
- powierzchnie pierwszoplanowe, które nie mogą mieć śladów podziału formy, zapadnięć, śladów po wypychaczach, miejsc obcięcia wlewka itp.

Na rysunku powinien być podany materiał ze szczegółowym określeniem typu, rodzaju i producenta oraz ewentualnie materiały zastępcze. Na tej podstawie będzie możliwe wstępne określenie orientacyjnej wielkości skurczu. Poza tym typ tworzywa oraz jego własności fizyczne i przetwórcze mają duży wpływ na rozwiązanie konstrukcyjne formy, a mianowicie:

- płynność i zakres temperatur przetwórstwa wpływają na typ wlewu i wymiary kanałów,
- wytrzymałość mechaniczna wpływa na sposób wypychania,
- własności cieplne wpływają na sposób chłodzenia.

Wartości skurczu wynoszą zazwyczaj od 0,5 do 1,5%, ale w pewnych warunkach mogą również wzrastać do 4%. Wiele tworzyw wtryskowych, a zwłaszcza poliolefiny, cechuje różny skurcz w kierunku przepływu i poprzecznie do jego kierunku oraz różny skurcz w zależności od grubości ściany.

Konstruktor formy wymiarując gniazdo formujące przyjmuje średnią wartość skurczu i zakłada duże naddatki wymiarowe. Następnie po przeprowadzeniu pierwszych prób wtrysku wykonuje się kolejne korekty formy. W wielu przypadkach nie do uniknięcia jest wykonywanie nowych elementów gniazda formy. Przy bardzo wąskim zakresie tolerancji stosowana jest niekiedy dodatkowa obróbka wykańczająca wyprasek przez obróbkę skrawaniem. Nie jest ona jednak możliwa przy wyrobach z tworzyw elastycznych.

Przy pomiarach skurczu próbnych wyprasek należy wziąć pod uwagę występowanie obok skurczu pierwotnego również skurczu wtórnego. Ze względu na to najbardziej miarodajne będą pomiary przeprowadzone w okresie co najmniej 24 - 28 godzin po wyjęciu z formy.

Znajomość wielkości zamówienia jest szczególnie przydatna do przeprowadzenia ekonomicznej analizy projektu. Im krótsze są drogi płynięcia

tworzywa, a tym samym - im mniejsza jest krotność formy, tym łatwiejsze będzie technologiczne prowadzenie procesu wtrysku, a więc uzyskanie wymaganej tolerancji wymiarowej. Krotność formy musi jednak pozostawać w pewnej proporcji do wielkości posiadanej wtryskarki, ponieważ w przeciwnym razie poszczególne partie tworzywa będą narażone na zbyt długie działanie wysokich temperatur.

Forma wtryskowa składa się z szeregu wzajemnie związanych układów funkcjonalnych. Od budowy każdego z nich zależy dokładność wymiarowa wypraski.

Gniazdo formujące odgrywa decydującą rolę w ustaleniu wymiarów wypraski. Zależą one od dokładności wykonania gniazda w metalu oraz położenia poszczególnych fragmentów gniazda względem płaszczyzny podziału. Istnieją normy dokładności wykonania gniazda w zależności od dopuszczalnych odchyłek i tolerancji wypraski /DIN 16749 z kwietnia 1968 r./. Na ogół przyjmuje się, że tolerancja wykonania gniazda równa jest 0,3 - 0,5 wymaganej tolerancji wypraski.

Szereg norm uzależnia wielkość tolerancji wymiarów wypraski od położenia linii podziału. Jest oczywiste, że jeżeli poszczególne fragmenty wypraski formowane są w tej samej połówce formy, wówczas ich dokładność zależy od dokładności formy. Natomiast gdy jedna część wypraski kształtowana jest w jednej połówce formy, a druga część w drugiej, wówczas wymiary zawarte między nimi będą uzależnione od dokładności przylegania płaszczyzn zamykających, zużycia formy bądź sprężystego uchylenia występującego w trakcie wtrysku. Występować może również poprzeczne przesunięcie połówek formy. W związku z tym należy stosować zasadę umieszczenia w jednej połówce formy wszystkich elementów gniazda, kształtujących fragmenty wypraski zwymiarowane od wspólnej bazy. Jeśli np. wymagana jest ścisła współosiowość powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej tulejki z tworzywa sztucznego, wówczas kołek formujący otwór wewnętrzny powinien być osadzony w tej samej połówce formy, w której wykonany jest zarys zewnętrzny tulejki.

W niektórych przypadkach konieczne jest dokonanie korekty wymiarów gniazd form pracujących w podwyższonych temperaturach. Zakładając, że współczynnik rozszerzalności stali wynosi 0,000115, wielkość gniazda \varnothing 20 formy o temperaturze 100°C należy zmniejszyć o 0,023.

Układ wlewowy powinien zapewniać doprowadzenie tworzywa do gniazda formującego po jak najkrótszej drodze i przy najmniejszych stratach ciśnienia.

Przy wysokich wymaganiach stawianych wyprasce należy dążyć do takiego rozmieszczenia kanałów doprowadzających, by do poszczególnych gniazd formujących prowadziły kanały o takiej samej długości i przekroju. W wyniku tego uzyska się efekt równomiernego wypełniania wszystkich gniazd pod takim samym ciśnieniem.

Szczególnie istotny jest tutaj jednakowy czas wywierania ciśnienia do cisku. Ze względu na to należy przy najbardziej nawet regularnym rozkładzie gniazd dokonywać korekty przewęzek.

Długość przewęzek dla zmniejszenia strat ciśnienia powinna być tylko tak duża, jak wymagają tego względy wytrzymałościowe/0,5-2mm/. W przypadku przewęzek punktowych należy pamiętać o zasadzie konieczności rozbijania swobodnego strumienia tworzywa, wpadającego do przestrzeni gniazda. Najbardziej równomierne wypełnianie oraz orientację łańcuchów cząsteczek tworzywa otrzymuje się przy zastosowaniu przewęzek szczelinowych.

Jednym z najbardziej kłopotliwych problemów jest uniknięcie linii łączenia tworzywa opływającego trzpienie formujące otwory, powodujących miejscowe osłabienie wypraski. Umiejscowienie tych połączeń zależy od położenia punktu doprowadzenia tworzywa. Również ich wytrzymałość jest uzależniona od długości płynięcia tworzywa w gnieździe.

W takich wyrobach jak koło zębate, tulejka, bębenek cyfrowy itp. stawiany jest często warunek doprowadzenia tworzywa do części czołowej wypraski. W formach wielogniazdowych wymaga to zastosowania tzw. wlewu z zimną komorą pośrednią, a więc zastosowania form z pomocniczą płaszczyzną podziału.

Przy produkcji wyrobów precyzyjnych należy przestrzec przed stosowaniem form z tzw. gorącymi kanałami oraz stosowaniem wlewu z gorącą komorą wstępną. W obu przypadkach następuje przetryskiwanie pozostałego w kanale lub w komorze gorącego tworzywa, przy czym następuje również porywanie cząstek tworzywa już zastygłego, które powodują obniżenie własności wytrzymałościowych wyprasek. W formach takich kłopotliwe może być również utrzymanie równomiernej temperatury gniazd formujących.

Układ regulacji temperatury. Wszystkie tworzywa techniczne, a zwłaszcza poliwęglany i poliformaldehyd, wymagają stosowania wysokich i ściśle określonych temperatur formy. Regulacja temperatury odbywa się najczęściej przy pomocy obiegu cieczy /wody lub oleju/ w kanałach wykonanych w płytach lub elementach formujących. Stosowane jest również elektryczne ogrzewanie płyt formy.

Ze względu na równomierność krzepnięcia i rozkład naprężeń, temperatura obu połówek formy powinna być jednakowa.

Przy układzie obiegowym stosuje się czasami kilka stref chłodzących, które mogą być połączone ze sobą szeregowo lub równolegle. Przyjmuje się jako zasadę, że różnica temperatur wody lub oleju na wejściu i wyjściu kanału nie powinna być większa od 4 - 5°C.

Układ wypychania wypraski i usuwania wlewką jest najistotniejszy z punktu widzenia automatyzacji pracy formy, a tym samym stałego wymiaru czasu cyklu. Najczęściej stosowany jest mechaniczny sposób usuwania wypraski przy pomocy wypychaczy bądź płyt spychających. Przy usuwaniu delikatnych wyprasek konieczne jest usytuowanie wypychaczy, zapewniające regularny rozkład sił. Stąd też często przy produkcji kółek zębatach, bębenków cyfrowych itp. stosuje się wypychacze tulejkowe. Zaletą ich jest również to, że mogą działać na powierzchnię pierwszoplanową nie pozostawiając śladów, ponieważ krawędź zewnętrzna może pokrywać się z zarysem gniazda. Jednakże w przypadku form pracujących w podwyższonych temperaturach, ze względu na to, że wypychacze są z reguły chłodniejsze niż gniazdo - może wystąpić niedopuszczalny grat na skutek różnicy rozszerzalności cieplnej. W związku z tym stosowane bywa pasowanie wypychaczy w temperaturze pracy formy. W takim przypadku forma musi być uruchamiana dopiero po podgrzaniu.

Stosowane powszechnie przy wycofywaniu wypychaczy sprężyny powinny być wspomagane lub zastąpione przez kołki cofające, aby mieć pełną gwarancję że delikatne gniazdo lub wypychacze nie zostaną uszkodzone podczas zamykania formy.

Występującemu często zjawisku przyklejania się bardzo małych wyprasek do wypychaczy, lub zawisania na wypychaczach, zapobiega się działaniem strumienia sprężonego powietrza. Wypychacz wypychający wlewek zaleca się opierać na małej sprężynce, uginającej się w trakcie wtrysku, a rozprężającej gwałtownie i odrzucającej wlewek po pokonaniu oporu zaczepu.

W formach z płytą pośrednią usuwanie wlewka w sposób automatyczny jest najczęściej lekceważone, co prowadzi do przerw w produkcji, zwłaszcza gdy wlewki tkwią mocno w zbyt głębokich zaczepach. Zalecane jest stosowanie podciętych kołeczków, współdziałających z cienką płytą zdzierającą.

U s t a l a n i e p o ł ó w e k f o r m y dokonywane najczęściej jest przy pomocy słupów prowadzących. Im większa średnica tych słupów, tym trudniej się one zużywają. Dokładność rozstawienia słupów powinna wynosić $\pm 0,02$ mm przy wymiarze do 200 mm. Stosowanie tylko dwóch słupów prowadzących należy uznać za błędne. Dokładniejsze ustalenie uzyskuje się przez zastosowanie skosów, czopów lub pierścieni ustalających.

2. Dokładność wykonania formy

Dokładność wyprasek nie może być większa niż dokładność wykonania formy. Przyjmując za obowiązującą zasadę, że wielkość tolerancji gniazda powinna wynosić 0,3 - 0,5 tolerancji wypraski, można określić, czy przy pomocy posiadanych obrabiarek możliwe będzie wykonanie precyzyjnych gniazd formy. Dokładność ta będzie przede wszystkim zależała od szlifierek różnego typu oraz wyposażenia pomiarowo-kontrolnego.

Wyroby precyzyjne posiadają często bardzo skomplikowany kształt. Kłopotliwe jest zwłaszcza wykonanie form na małe kółka zębate o zazębieniu skośnym, na ślimaki itp. Często gniazda formujące muszą być wykonywane specjalnymi metodami, np. metodą galwaniczną z twardego niklu, przez obciskanie, wyciskanie w metalu, odlewanie pod ciśnieniem, metodą obróbki elektroiskrowej, metodą ultradźwiękową. Każda z tych metod ma inne granice dokładności.

3. Wtryskarki i ich wyposażenie

Do wtrysku wyrobów precyzyjnych nadają się w zasadzie wyłącznie wtryskarki o ślimakowym systemie plastyfikacji tworzywa. Znajdujące się jeszcze w użyciu wtryskarki tłokowe powinny być wycofane. Podstawową ich wadą są niskie ciśnienia wtrysku, nierównomierna plastyfikacja tworzywa, niedokładne jego wymieszanie i dozowanie, uniemożliwiające kontrolę ciśnienia docisku. Na wtryskarkach tłokowych niemożliwe jest w praktyce przetworstwo poliformaldehydu i polimetakrylanu metylu. Ze względu na opory płynięcia utrudniony jest wtrysk poliwęglanów.

Poniżej podano warunki, którym powinna odpowiadać nowoczesna wtryskarka ślimakowa w wykonaniu standardowym:

- ślimakowy zespół plastyfikacji i wtrysku tworzywa /z jednym ślimakiem według systemu BASF/,
- odpowiednio zaprojektowany ślimak z zaworem zwrotnym lub inną końcówką dostosowaną do danego tworzywa,
- ciśnienie wtrysku regulowane bezstopniowo,
- bezstopniowa regulacja szybkości obrotów i przesuwu ślimaka,
- odpowiedni stosunek długości ślimaka do jego średnicy, najczęściej powyżej 15:1,
- regulacja wielkości ciśnienia docisku niezależnie od ciśnienia wtrysku,
- wyposażenie w dysze otwarte i samozamykające,
- wielostrefowy układ ogrzewania cylindra z precyzyjną regulacją temperatury /minimum 3 strefy/, charakteryzujący się małą bezwładnością cieplną,
- indywidualne ogrzewanie dyszy z pomiarem i regulacją temperatury,
- możliwość ograniczenia wielkości skoku otwarcia przez ustawienie przełączników lub drogą mechaniczną,

- układ hydrauliczny oparty na zunifikowanych zespołach, np. zaworach elektromagnetycznych Vickersa, pompach Vickersa lub Denisona itd.,
- dogodnie umieszczenie pokręteł zaworów regulacji szybkości ruchów, ciśnienia i obrotów,
- silnik napędowy, pompy, blok sterujący umieszczone w korpusie maszyny lub poza maszyną w sposób umożliwiający łatwy dostęp ze wszystkich stron,
- pełna automatyka z możliwością sterowania półautomatycznego i ręcznego,
- przekaźniki czasowe oraz elektroniczne układy regulacji temperatury, umieszczone w oddzielnej szafie sterowniczej /dla wyeliminowania drgań i wstrząsów/,
- możliwość wbudowania dodatkowych przekaźników czasowych dla urządzeń wyposażenia pomocniczego,

Ponadto dla przetwórstwa tworzyw technicznych oraz pełnej automatyzacji pracy niezbędne jest wyposażenie wtryskarki w następujące wyposażenie pomocnicze:

- wymienne zestawy cylinder-ślimak, zwłaszcza o średnicy mniejszej od nominalnej dla uzyskania wyższych ciśnień wtrysku,
- różne rodzaje ślimaków i ich końcówek, dostosowane do własności różnych tworzyw /zwłaszcza końcówki z zaworem zwrotnym/,
- specjalne dysze z zamknięciem igłowym do wtrysku poliamidów,
- podgrzewane leje zasypowe, zwykłe lub suszące z obiegiem gorącego powietrza, konieczne przy wtrysku poliwęglanu /Makrolon/ i poliformaldehydu /Delrin/,
- termostaty przemysłowe dla regulacji temperatury form w zakresie do 120°C,
- wagowe urządzenia zabezpieczające pracę form.

Do wtrysku wyrobów precyzyjnych, których waga wynosi zazwyczaj od kilku do kilkunastu gramów, powinny być stosowane wtryskarki o niewielkiej objętości wtrysku. Tak małe wtryskarki nie są w kraju produkowane; należy je więc importować.

W niektórych przypadkach powinny być stosowane wtryskarki specjalne, a mianowicie:

- do wtrysku wyrobów z zapraskami - wtryskarki pionowe w układzie liniowym lub kątowym, z przesuwным konsolowym stołem,
- do masowej produkcji określonych typów wyrobów /np. grubościennych lub z gwintami/ - wtryskarki rewolwerowe,
- do wtrysku wyprasek wielobarwnych /np. kółka liczników/ - wtryskarki wielocylindrowe.

4. Kontrola parametrów technologicznych

Podstawowymi parametrami procesu wtrysku są:

- temperatura: cylindra, dyszy, formy,
 - ciśnienie: wtrysku, docisku, spiętrzenia przy dozowaniu,
 - czas: wtrysku, docisku, chłodzenia
- oraz szybkość obrotów ślimaka plastyfikującego.

W zależności od tych wielkości kształtuje się wielkość skurczu wypraski, stan naprężeń wewnętrznych oraz struktura materiału. Znajomość wpływu parametrów technologicznych na wymienione własności należy do podstawowych umiejętności technologa, ustalającego proces wtrysku.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że na wielkość skurczu tworzywa decydujący wpływ wywiera temperatura formy, ciśnienie docisku oraz czas docisku i chłodzenia. Skurcz tworzywa wpływa w znacznej

mierze na typowy dla każdego wyrobu stan naprężeń. W większym jeszcze stopniu na naprężenia wewnętrzne wpływa ciśnienie oddziałujące na tworzywo po napełnieniu formy aż do zakrzepnięcia wypraski, tzw. docisk. Docisk umożliwia częściowe wyrównanie skurczu, zabezpiecza przed nadmiernymi zapadnięciami i pustymi przestrzeniami w wyprasce. Zbyt duży docisk będzie jednak powodował warstwowe przesuwanie chłodniejszego tworzywa. W wyniku tego powstaną dodatkowe naprężenia, które będą przyczyną wypaczeń miękkich wyprasek, a zamrożone w wypraskach z tworzyw sztywnych, wywołają ich niestabilność. Jest to przyczyną powstawania rys lub pęknięć w momencie osłabienia spoiwości cząsteczek przez obciążenie mechaniczne /np. uderzenie/, lub termiczne /np. podwyższona temperatura /, ewentualnie przez czynniki chemiczne /a więc w obecności rozpuszczalników lub cieczy atakujących powierzchnię/. Należy się tu również liczyć z korozją naprężeniową. Jeżeli zjawisko to zachodzi stopniowo, wówczas określa się je jako starzenie tworzywa.

Ogólnie biorąc, obowiązuje zasada stosowania tylko takiego docisku, jaki jest konieczny do zapełnienia formy w taki sposób, aby nie powstawały zapadnięcia. Jednak nawet przy idealnym zapełnieniu nie można uniknąć różnego oddziaływania docisku na poszczególne partie wypraski, co jest związane ze zmianami przekroju wyrobu, żebrami, ostrymi krawędziami itp. Nawet przy starannej produkcji nie można całkowicie uniknąć powstawania naprężeń w wyrobach wtryskowych.

Ważne jest nie za szybkie prowadzenie procesu wtrysku i utrzymanie odpowiedniej temperatury formy, zazwyczaj 40 do 60°C, a dla niektórych tworzyw 80°C bądź jeszcze wyższej.

Większe wyroby można wyjmować wcześniej z formy i umieszczać w prostych urządzeniach, w których powoli stygną. Dodatkowo można stosować pewne naprężenie wyrobu, przeciwdziałające przewidywanemu wypaczeniu.

Przeciwdziałać wypaczeniom można stosując dodatkową obróbkę cieplną. Polega ona na wkładaniu wyrobów do gorącej wody lub oleju na przeciąg kilku godzin. W ten sposób stwarza się możliwość zniwelowania naprężeń wewnętrznych, ponieważ łańcuchy cząsteczek mogą osiągnąć stan najuboższy energetycznie.

W przypadku poliamidów i polietylenów obok powstawania naprężeń wewnętrznych dużą rolę odgrywa tworzenie struktury krystalicznej. Przy wtrysku poliamidów należy stworzyć warunki sprzyjające temu zjawisku, a w przypadku polietylenu zjawisku temu należy przeciwdziałać. Tworzenie struktury krystalicznej zależy od szybkości chłodzenia, a więc od temperatury formy.

W wyniku zbyt szybkiego chłodzenia poliamidów powstaje stosunkowo miękka struktura bezpostaciowa /amorficzna/. Wielokrotnie stwierdzono, że wyroby z poliamidów o przewadze struktury krystalicznej w porównaniu z analogicznymi wyrobami o przewadze struktury amorficznej są bardziej twarde, a równocześnie mniej elastyczne i ze względu na większą odporność na ścinanie lepiej nadają się do zastosowań technicznych /np. tulejki łożyskowe lub koła zębate/.

Nawet przy chłodzeniu wyprasek w bardzo gorących formach, na powierzchni zewnętrznej tworzywo zastyga najszybciej, w wyniku czego powstaje warstwa amorficzna. Tłumaczy to mniejszą twardość powierzchniową wyrobów technicznych z poliamidów otrzymywanych metodą wtryskową. Zużywają się one początkowo szybciej, a dopiero później - po odsłonięciu krystalicznego rdzenia - osiągają całkowitą przydatność użytkową. Odbywa się to kosztem niezbędnej dokładności wymiarowej; stąd wynika konieczność stosowania w niektórych przypadkach wykańczającej obróbki wiórowej.

Poza objętością wtrysku i czasami cyklu, wszystkie inne parametry określone są w sposób przybliżony. Ciśnienia uplastycznionego tworzywa są określone wyłącznie w funkcji ciśnienia w cylindrze hydraulicznym. Mierniki temperatur nie są umieszczone wewnątrz strumienia tworzywa, lecz w różnych miejscach ścianki cylindra bądź dyszy. Jest to przyczyną nieporównywalności parametrów technologicznych różnych maszyn.

Przy tak niedokładnych metodach kontroli zrozumiąły stały się duży rozrzut wartości odnoszących się do gotowych wyrobów, otrzymywanych w prawidłowo ustalonym procesie produkcyjnym.

Obecnie produkowane są wtryskarki ze specjalnym wyposażeniem pomiarowo kontrolnym, z ciągłym zapisem zmian ciśnienia i temperatury w skali czasu. Po ustaleniu optymalnych parametrów określa się na wykresie zakres dopuszczalnych zmian. Natychmiast widoczne przekroczenie zakresu powoduje odrzucenie odpowiednich partii wyprasek.

5. Badanie gotowych wyrobów

Przy specjalnie zawyżonych wymaganiach może się okazać konieczne stosowanie kontroli 100% wyrobów i równoczesnej segregacji.

Ogólne badanie wad zewnętrznych i wewnętrznych

Podstawowym badaniem gotowej wypraski jest optyczne sprawdzenie wyglądu zewnętrznego. W ten sposób można stwierdzić, czy wyrób nie posiada widocznych, niedopuszczonych warunkami technicznymi odbioru, wad powierzchni, a przy tworzywach częściowo przezroczystych również i wad wewnętrznych, zanieczyszczeń bądź jam skurczowych. Obecność jam skurczowych w wyrobach nieprzezroczystych można by stwierdzić przez prześwietlenie lub przy pomocy ultradźwięków; jednakże są to metody nieprzydatne w praktyce przemysłowej.

Najlepsze wyniki osiąga się przez próby wyporności: małe wyroby wrzuca się do mieszaniny wody i gliceryny lub odpowiedniego roztworu soli kuchennej, przy czym gęstość cieczy musi być w obu przypadkach mniejsza od ciężaru właściwego tworzywa. Po odrzuceniu wyrobów pływających na powierzchni można mieć pewność, że pozostałe nie posiadają jam skurczowych.

Badanie naprężeń

Wyroby przezroczyste i przeświecające można badać w świetle spolaryzowanym i wnioskować o stopniu i przebiegu naprężeń na podstawie częstotliwości i przebiegu tęczyowych izoklin. Dla jednoznacznej interpretacji tego zjawiska konieczne byłoby przeszkolenie w zakresie fizyki, tak więc metoda ta jest w warunkach produkcyjnych nieprzydatna. Badania udarowe mają charakter niszczący i nie mogą służyć do pełnej kontroli produkcji.

Prostą metodą jest określenie ciężaru wyprasek na wadze o dużej dokładności. Ciężar wypraski jest proporcjonalny do spoistości struktury tworzywa. Jeżeli wypraska waży więcej /średni zakres ciężaru określa się metodą badań niszczących/ to znaczy, że zbyt długo przebywała pod działaniem ciśnienia i powstały w niej naprężenia, które wcześniej czy później staną się przyczyną pęknięcia. Zbyt mały ciężar oznacza jamy lub niedostateczne upakowanie. Metoda ta bardziej nadaje się dla większych wyrobów.

Badanie dokładności wymiarowej

Najczęściej w produkcji masowej stosowane są: do pomiaru otworów-sprawdziany tłoczkowe, do pomiaru wymiarów zewnętrznych - sprawdziany szczękowe, szablony itp., do pomiaru współosiowości i równoległości - czujniki mikrometryczne. Ponadto stosowane są przyrządy segregujące, tzw. wy-

bieraki. Przy szczególnie wysokich wymaganiach można prowadzić kontrolę powiększonych rzutów świetlnych. Jest to metoda porównawcza, wymagająca powiększenia rzędu 1:50 i dotycząca najczęściej prawidłowości zarysów krawędzi, np. zębów kół itp.

W n i o s k i k o ń c o w e

W porównaniu z innymi metodami masowej produkcji precyzyjnych części maszyn, metoda wtrysku z tworzyw sztucznych jest jedną z najbardziej opłacalnych. Jednakże stopień dokładności wyprasek i ich jakość są ściśle uzależnione od posiadania odpowiednich warunków produkcyjnych, począwszy od właściwych maszyn i urządzeń produkcji bezpośredniej i pośredniej, aż do wąsko wyspecjalizowanej kadry fachowców. Nie jest to możliwe w warunkach rozproszonej produkcji o charakterze prawie chałupniczym i dlatego niezbędną jest komasacja środków produkcji przez tworzenie wyspecjalizowanych, dobrze wyposażonych branżowych zakładów wiodących. Zakłady takie powinny ponadto być całkowicie samowystarczalne w zakresie produkcji form o wysokiej dokładności oraz powinny mieć dobrze wyposażone pracownie badań technologicznych oraz ośrodki informacji techniczno-ekonomicznej.

mgr inż. Izabella ANTON
Lubuskie Zakłady
Aparatów Elektrycznych "Lumel"

LABORATORIUM ELEKTRYCZNE NKT W LZAE "LUMEL".

Ważnym ogniwem w systemie kontroli jakości produkcji w Lubuskich Zakładach Aparatów Elektrycznych "Lumel" jest laboratorium kontroli technicznej. Wchodzi ono w skład pionu Dyrektora Naczelnego przedsiębiorstwa i podlega bezpośrednio kierownikowi Działu Kontroli Technicznej.

- Zakres jego działania obejmuje następujące podstawowe grupy zagadnień:
- badanie jakości wyrobów i podzespołów,
 - zabezpieczanie produkcji i kontroli w aparatach pomiarowych i jej konserwacja, naprawy oraz okresowe sprawdzanie,
 - współpraca z placówkami naukowo-badawczymi w zakresie badań jakościowych,
 - uwagi pomiarowe dla innych przedsiębiorstw.

Do pierwszej z wymienionych grup zalicza się:

- próby typu prototypów i serii próbnych nowouruchamianych wyrobów,
- próby typu wyrobów z produkcji seryjnej w okresach przewidzianych normami,
- badania związane z wprowadzaniem nowych technologii i materiałów,
- badania związane z zakłóceniami jakości w celu wykrycia źródeł powstawania braków,
- badania wyrobów pod kątem zgodności z normami zagranicznymi w przypadku wysyłania wyrobów na eksport,
- badania nowych rozwiązań zgłoszonych jako wnioski racjonalizatorskie.

W zakresie zabezpieczenia produkcji i kontroli w aparatach kontrolno-pomiarowych laboratorium sporządza zapotrzebowania na podstawie przewidywanego rozwoju asortymentu i rozwoju ilościowego wyrobów już produkowanych. Duża część tej aparatury pochodzi z importu, szczególnie w grupie przyrządów o najwyższej dokładności, służących jako wzorce podstawowe. Laboratorium prowadzi centralną wypożyczalnię aparatury kontrolno-pomiarowej. Wszystkie przyrządy znajdujące się w użyciu są okresowo sprawdzane, konserwowane, a w przypadku uszkodzenia naprawiane. Opieką taką objęte są też stanowiska pomiarowe na wydziałach produkcyjnych.

Niektóre procesy produkcyjne wymagają nietypowej aparatury pomiarowej. Opracowuje się wówczas założenia określające podstawowe parametry techniczne i zakres stosowania, które są podstawą zamówienia aparatury w placówkach naukowo-badawczych lub w Zakładzie Doświadczalnym przy IZAE "Imeł"; Laboratorium jest łącznikiem we współpracy Zakładu z placówkami naukowo-badawczymi w zakresie badania jakości.

Głównymi partnerami tej współpracy są:

- Centralny Urząd Jakości i Miar /CUJM/ w zakresie aprobaty typu produkowanych wyrobów i legalizacji wzorców podstawowych, służących do sprawdzania aparatury kontrolno-pomiarowej,
- Biuro Znak Jakości CUJM w zakresie uzyskiwania znaku jakości dla produkowanych wyrobów,
- Instytuty naukowo-badawcze w zakresie badań kwalifikacyjnych do świadectw dopuszczenia wyrobów do produkcji, badań technoklimatycznych wyrobów w wykonaniu tropikalnym, badań wyrobów w wykonaniu morskim na przydatność do warunków okrętowych,
- Wyższe uczelnie w zakresie praktyki pracowników uczelni w Zakładzie i praktyk dyplomowych.

W ramach tych kontaktów zgłaszane są zagadnienia interesujące zakład, które wykorzystuje się jako tematy prac dyplomowych.

Do zakresu usług świadczonych przez laboratorium innym przedsiębiorstwom należy sprawdzanie aparatury pomiarowej w ramach "Laboratorium Pomiarów Elektrycznych", zarejestrowanego w okręgowym Urzędzie Jakości i Miar w Poznaniu. Jest to jedyna tego typu placówka w okręgu zielonogórskim. Ze względu na dużą ilość zagadnień, jakimi zajmuje się laboratorium i celem sprawnego wykonywania zadań pracownicy podzieleni są na dwie grupy:

- grupa pierwsza zajmuje się jakością produkowanych wyrobów i związanymi z tym zagadnieniami,
- grupa druga zajmuje się aparaturą kontrolno-pomiarową i wpływającymi stąd zadaniami.

Stosunkowo niewielka komórka organizacyjna, jaką jest laboratorium, może wykonywać tak wiele różnorodnych badań głównie dzięki dobremu wyposażeniu w aparaturę kontrolno-pomiarową i inne urządzenia oraz wysoko-kwalifikowanym pracownikom, znającym doskonale całość zagadnień zakładowych. Posiadana aparatura pozwala na przeprowadzanie prawie wszystkich potrzebnych badań z wyjątkiem badań morskich - brak wstrząsarki o poziomym kierunku wstrząsów i badań tropikalnych - niemożność przeprowadzenia prób pleśnioodporności.

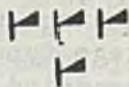
Omówione funkcje laboratorium, stopień wyposażenia oraz kwalifikacje pracowników w stopniu decydującym wpłynęły na otrzymanie przez tę placówkę uprawnienia "Laboratorium Pomiarów Elektrycznych" wydanego przez CUJM. O ilości badań przeprowadzanych w laboratorium świadczą najwymowniej liczby: 46 pełnych prób typu w ciągu roku nie licząc badań niepełnych, których jest o wiele więcej. Koszt wyrobów, na których przeprowadzane są badania w skali rocznej wynosi około 400 000 zł.

Dużą zasługą laboratorium jest oddziaływanie na jakość produkcji zakładu poprzez zaopatrywanie montażu w odpowiednie, wysokiej klasy wzorce, i dbanie o ich stan techniczny, co wpływa w decydujący sposób na dokładność skalowania i sprawdzania produkowanych wyrobów. Dobiera się też urządzenia wzorcowe tak, żeby umożliwić maksymalnie wyeliminowanie dodatkowych błędów i ułatwić pracę, np. wprowadzając stopniowo mierniki cyfrowe zamiast dotychczas stosowanych analogowych; ułatwia się pracę skalownikom, eliminuje błąd paralaksy i ewentualne pomyłki w odczycie wielkości nastawianej. Przede wszystkim ułatwia się przez to pracę przy skalowaniu i sprawdzaniu mierników wielozakresowych.

Przeprowadzając próby typu i inne badania wyrobów wychwytuje się usterki zarówno typu wykonawczego jak i konstrukcyjnego czy technologicznego. Sprawy te sygnalizowane są zainteresowanym działom, przy czym podaje się termin usunięcia tych usterek. Terminy realizacji zaleceń sprawdzane są przez Dział Kontroli Technicznej. Okresowo organizuje się superkontrole na poszczególnych taśmach montażowych, lokalizując poszczególne punkty, na których powstają braki.

W przypadku stwierdzenia uchybień poszczególnych pracowników na taśmie, wnioskuje się o ukaranie ich, a niekiedy nawet obniżenie grupy kwalifikacyjnej. Ciągły kontakt z placówkami naukowo-badawczymi badającymi wyroby zakładu umożliwia przekazanie ich spostrzeżeń i wniosków zainteresowanym działom LZAE "Lumel".

Artykuł niniejszy nie wyczerpuje całokształtu zagadnień dotyczących pracy laboratorium, ma tylko charakter informacyjny. Jednak już na podstawie tego krótkiego omówienia można dostrzec, jakie korzyści przynosi zakładowi dobrze wyposażone laboratorium. Przede wszystkim są to korzyści typu finansowego, gdyż zlecenie badań obcym placówkom jest bardzo kosztowne. Poza tym zwiększa się w dużym stopniu operatywność badań, ich terminowość i elastyczność w kolejności przeprowadzania, w zależności od aktualnych potrzeb zakładu.



Redakcja Biuletynu "Mera". prosi autorów artykułów o przesyłanie wraz z materiałami krótkich analiz omawiających /3 - 4 zdania/ i ich klasyfikacji dziesiętnej, wg wzoru zamieszczonego na stronie 60 niniejszego Biuletynu.

ORGANIZACJA DUŻYCH OŚRODKÓW PRZETWARZANIA DANYCH

Nawiązując do artykułu zamieszczonego w nr 7/8 "Biuletynu Mera", w którym autor poruszył problem małych ośrodków przetwarzania danych, oraz produkcji nowoczesnych maszyn liczących dla potrzeb przedsiębiorstw tzw. minikomputerów, zagadnienie dotyczące organizacji ośrodków przetwarzania danych zostanie omówione w dwóch częściach.

Część I dotyczy dużych ośrodków przetwarzania danych wyposażonych w maszyny cyfrowe i analityczne, zaś część II organizacji ośrodków przetwarzania danych w oparciu o nowoczesne maszyny cyfrowe małej pojemności, tzw. minikomputery, które powinny zaspokoić potrzeby przedsiębiorstwa w zakresie podstawowego przetwarzania informacji i umożliwić tworzenie maszynowych nośników informacji dla dużych maszyn cyfrowych.

W części I omówiono istniejący stan organizacji ośrodków przetwarzania danych oraz park maszynowy, który jest bardzo różnorodny, lecz przez usprawnienie organizacji istniejącej można by jeszcze zwiększyć jego moc obliczeniową.

Celowość organizowania dużych ośrodków przetwarzania danych

Wiele ośrodków przyzakładowych wyposażonych w maszyny analityczne korzysta już z maszyn cyfrowych sieci ZETO i innych ośrodków, ponieważ ich moc produkcyjna nie może zaspokoić potrzeb kierownictwa w zakresie dostarczania informacji dla celów zarządzania, planowania itd.

Ośrodki przyzakładowe nie są w stanie rozwiązać problemu przetwarzania danych kompleksowo z następujących powodów:

- brak odpowiedniej ilości fachowców o wysokich kwalifikacjach zawodowych,
- braki w kompleksowym wyposażeniu ośrodka w maszyny i urządzenia niezbędne dla zaspokojenia potrzeb zakładu macierzystego w zakresie przetwarzania danych,
- ośrodki przyzakładowe zajmują się przeważnie jednym tematem jak: ewidencja obrotu materiałowego, płace, planowanie itd.,
- duże nakłady na inwestycje ośrodków,
- wysokie koszty eksploatacyjne ośrodka ze względu na niepełne wykorzystanie niektórych maszyn i urządzeń.

Rejony lokalizacji ośrodków

Ośrodki duże winny być zlokalizowane w tych rejonach, w których istnieją zakłady, będące w stanie dostarczyć tym ośrodkom wymaganych informacji z zakresu przetwarzania danych. Wyjątek stanowią ośrodki zakładowe, które nawet po zainstalowaniu maszyny cyfrowej posiadają pełne obciążenie mocy przerobowej.

Przy ustaleniu rejonizacji ośrodków należy brać pod uwagę następujące aspekty:

- istniejący stan w zakresie mechanizacji i automatyzacji,
- potrzeby regionu w tym zakresie,
- konieczność przeprowadzenia analizy i badań.

Rejonowej lokalizacji tych ośrodków nie można podać, gdyż przedtem muszą być przeprowadzone odpowiednie badania.

Wypożyczenie ośrodków w maszyny i urządzenia

Na podstawie przeprowadzonych badań i po zapoznaniu się z ilością przetwarzanych informacji, można ustalić wyposażenie ośrodka w maszyny i inne urządzenia dodatkowe. Wynika stąd, że nie wszystkie ośrodki będą potrzebowały tego samego wyposażenia ilościowego i jakościowego.

Podstawowym wyposażeniem każdego ośrodka będą następujące maszyny:

- elektroniczna maszyna cyfrowa z urządzeniami dodatkowymi: czytnik kart, czytnik taśm, drukarka wierszowa, urządzenia pamięci itd.,
- maszyny do przenoszenia informacji z dokumentów źródłowych na maszynowe nośniki informacji, takie jak: dziurkarki kart, dziurkarki taśm,
- maszyny kontrolujące prawidłowość przeniesień z dokumentów źródłowych na maszynowe nośniki informacji, jak: sprawdzarki kart perforowanych,
- zestawy maszyn klasycznych,
- tabulatory,
- sortery,
- kolatory,
- opisywacze,
- reproducery,
- maszyny małej i średniej mechanizacji,
- urządzenia transmisji danych /dalekopisy/,
- inne urządzenia pomocnicze i biurowe.

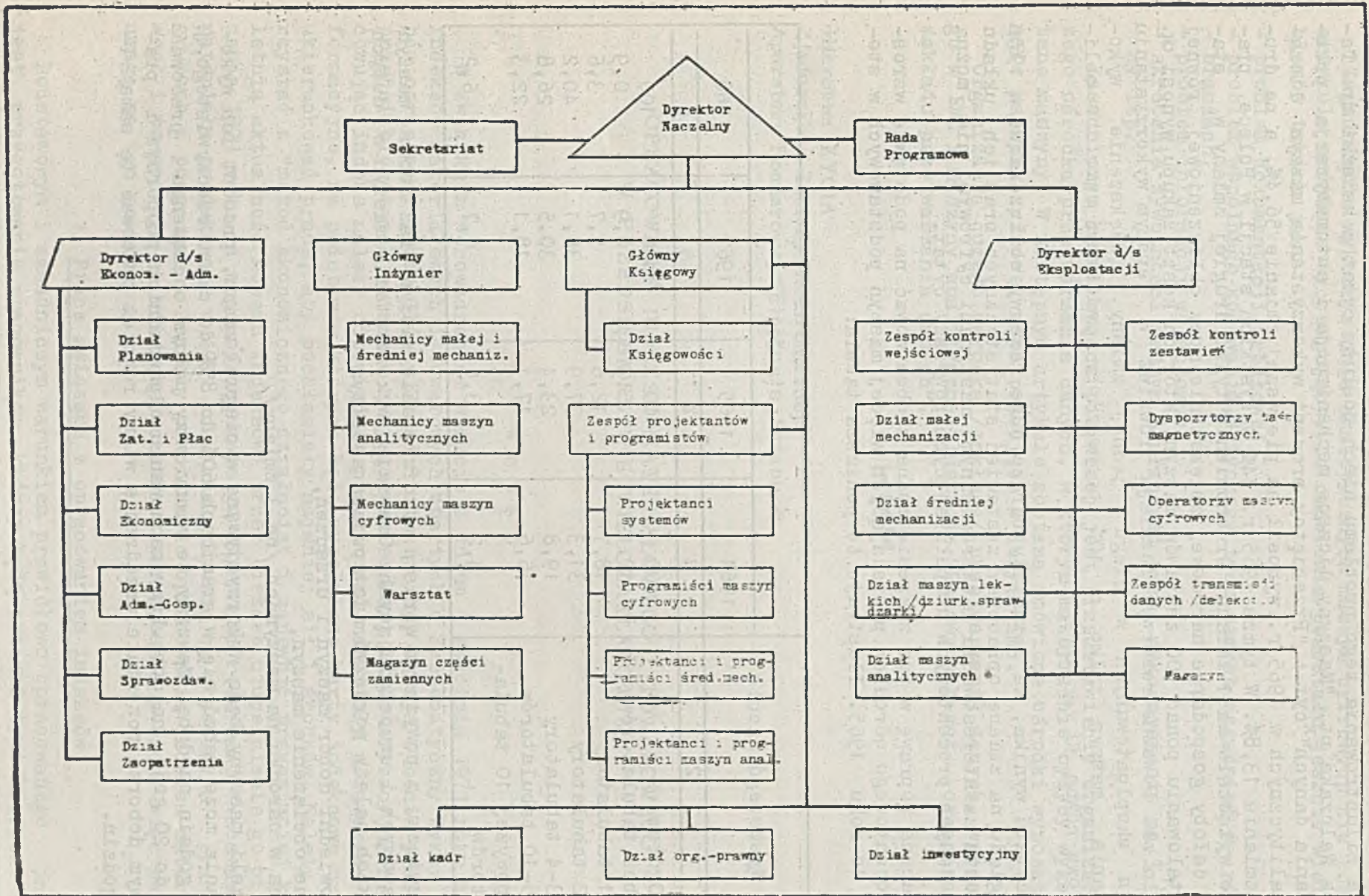
Ilość maszyn winna być tak dobrana, aby były one prawidłowo i w pełni wykorzystane /obciążone/.

Rodzaje opracowań

Kompleksowe wyposażenie ośrodków w maszyny i urządzenia zezwala na prowadzenie różnych prac z zakresu przetwarzania danych, obliczeń numerycznych itd. Przetwarzanie danych może być wykorzystane dla różnych celów:

- zarządzania,
- planowania,
- sprawozdawczości itp.

Przy kompleksowym wyposażeniu istnieje możliwość kompleksowego rozwiązania poszczególnych zagadnień, dotyczących danego przedsiębiorstwa. Istnieje możliwość skrócenia czasu opracowań, co ściśle wiąże się z dostarczeniem danych informacyjnych, na podstawie których będzie można podjąć najbardziej prawidłową decyzję. Przyniesie to duże korzyści dla danego zakładu, a tym samym dla gospodarki ogólnonarodowej. W punkcie tym nie są podane szczegółowe tematy opracowań, ponieważ jest to problem złożony i zależy od specyfiki różnych zakładów. Można tylko wymienić podstawowe, takie jak: gospodarka produkcji, planowanie ogólne, płace, koszty itd.



Rys.1. Ramowa struktura organizacyjna zakładu przetwarzania informacji.

Wykorzystanie parku maszynowego.

Dla zilustrowania tego problemu niech posłuży cytat z książki dr Tadeusza Walczaka pt. "Maszyny liczące mechanizacja i automatyzacja przetwarzania danych"^x cyt.: "Przeciętny procent wykorzystania maszyn licząco-analitycznych w 1965 r. wynosił na pierwszej zmianie 56,4%, a na drugiej zmianie 13,8%. W tymże 1965 r. 44% wszystkich stacji w Polsce pracowało wyłącznie na 1 zmianę. Uruchomienie tylko drugiej zmiany w stacjach dałoby gospodarce narodowej zwiększenie mocy obliczeniowej równej zainstalowaniu ponad 100 zestawów maszyn, których koszt zakupu wynosi ok. 300 mln zł. Poważne rezerwy istnieją również w lepszym wykorzystaniu maszyn eksploatowanych w ciągu jednej zmiany. Zwiększenie wykorzystania maszyn tylko o 10% pozwoliłoby zwiększyć moc obliczeniową równą 30 zestawom maszyn".

Z cytatu wynika, że istniały bardzo duże rezerwy obliczeniowe w 1965r. Ze względu na zmianę opracowań zestawień statystycznych oraz ich układu i wzrostu zainteresowania elektronicznymi maszynami cyfrowymi nie można podać danych procentowych uzupełniających powyższy cytat.

Znaczną poprawę w tym zakresie można zaobserwować na podstawie wzrostu procentowego ośrodków posiadających więcej maszyn podstawowych w stosunku do roku 1965. Ilustruje to poniższa tabela:

Lp.	Wyszczególnienie	% udział stacji			
		1964	1965	1967	1968
1	2	3	4	5	6
1	Ogółem	100	100	100	100
2	bez tabulatorów	10,4	5,4	0,9	0,9
3	1 tabulator	18,7	12,6	5,7	3,6
4	2 tabulatory	31,3	37,9	38,1	40,2
5	3-4 tabulatory	19,8	23,4	30,5	26,8
6	5-10 tabulatorów	15,6	17,1	18,1	22,3
7	powyżej 10 tabulatorów	4,2	3,6	6,7	6,2

W związku z powyższym wzrasta wykorzystanie maszyn oraz dobór maszyn podstawowych i uzupełniających. Omawiając wykorzystanie maszyn w dużych ośrodkach należy poruszyć następujące aspekty:

- odpowiedni dobór maszyn i urządzeń,
- pełne obciążenie maszyn,
- praca w ośrodku na maszynach /na 3 zmiany/.

Jeżeli maszyny będą wykorzystywane w ciągu 3 zmian, procent ich wykorzystania może wahać się w granicach 60% do 85% do czasu rzeczywistego, tj. do 24 godzin na dobę. Maszyny te winny przy pełnym obciążeniu pracować od 15 do 20 godz. na dobę. Przy zachowaniu odpowiednich proporcji i prawidłowym doborze pozostałe urządzenia winny również pracować tę samą ilość godzin.

^x PWE, Warszawa 1968 r. str. 29

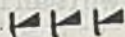
Wnioski końcowe

Zagadnienie wykorzystania analitycznych maszyn cyfrowych nie zostało w artykule omówione wyczerpująco. Do omówienia pozostało jeszcze wiele problemów takich jak:

- problem dokumentacji źródłowej,
- problem wspólnego kodowania, dotyczący tych samych zagadnień w różnych branżach,
- problem informacji wyjściowych,
- skrócenie żywotności maszyn i urządzeń przez wykorzystanie na 3 zmiany itp.

Zasadniczym celem części pierwszej jest przedstawienie organizacji dużego ośrodka przetwarzania danych, w którym maksymalnie byłyby wykorzystane maszyny. W następnym artykule zostaną omówione ośrodki wyposażone w małe maszyny cyfrowe, współpracujące z dużymi EMC.

Organizację dużego ośrodka /zakładu/ przetwarzania danych, wyposażonego w EMC i maszyny analityczne, ilustruje "Ramowy schemat organizacyjny zakładu przetwarzania danych".



Hieronim KYCIA
Zjednoczone Zakłady Elektronicznej
Aparatury Pomiarowej "Elpo"

OPRACOWANIE INDEKSU MATERIAŁOWEGO I TOWAROWEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE WIELOZAKŁADOWYM

W s t ę p

W związku z wprowadzeniem w życie z dniem 1 stycznia 1971 roku nowych indeksów materiałowych i towarowych opartych o Systematyczny Wykaz Wyrobów opracowany przez Główny Urząd Statystyczny, trwają obecnie prace w przedsiębiorstwach związane z opracowaniem kart inwentaryzacyjnych. Opracowując indeks należy odpowiednio przygotować materiały podstawowe - informacyjne, na podstawie których będą wypełniane karty indeksowe oraz tak ukierunkować prace, aby pochłaniały najmniej sił i środków. Należy skorzystać z "metod ekonomicznego działania" i zapewnić przynajmniej kilkuletnią aktualność nowemu indeksowi przez bieżące uzupełnienie go po 1 stycznia 1971 roku, a więc opracowanie go z pewnymi rezerwami "vacatami", aby materiały produkowane w 1971 roku znalazły się we właściwych branżach, grupach i podgrupach. Zespoły powołane do opracowania indeksu materiałowego i towarowego na różnych szczeblach zarządzania powinny więc zwrócić uwagę na ten moment.

1. Prace związane z opracowaniem indeksów

Podstawowym i zasadniczym warunkiem prawidłowo opracowanego indeksu jest przygotowanie pracowników, którzy będą pracami tymi kierować i wykonywać je. Wskazane jest, aby w zespołach uczestniczyło jak najwięcej pracowników działu zaopatrzenia i księgowości materiałowej, ponieważ zagadnienia te są im dobrze znane. Pracownicy ci potrzebują znacznie mniej

czasu na zapoznanie się z wytycznymi i instrukcjami w tym zakresie. Należy podkreślić, że w przedsiębiorstwie wielozakładowym powinien zostać powołany 1 zespół do kierowania pracami, natomiast zespoły robocze muszą być powołane w każdym zakładzie /oddziale czy filii/, w którym występuje obrót materiałowy.

Podstawowym elementem, mającym wpływ na prawidłowe opracowanie indeksu jest opracowanie harmonogramu prac z określeniem zakresu czynności i terminu ich realizacji przez zespół kierujący pracami lub dla zespołów roboczych, uwzględniając terminy podane w Wytycznych GUS. Harmonogram prac powinien uwzględniać następujące etapy:

- przygotowanie materiałów podstawowych w zakładach, na podstawie których zostaną sporządzone karty indeksowe /inventaryzacyjne/,
- sporządzenie kart indeksowych /sposób ich wypełniania oraz termin wykonania/,
- uzupełnienie kart indeksowych symbolem SWW,
- uzupełnienie kart indeksowych symbolem dla potrzeb zakładu /dobudowa symbolu/,
- sporządzenie wykazu materiałów w wydaniu książkowym - druk,
- wdrożenie indeksów w zakładach /założenie kartotek materiałowych, magazynowych, księgowych itp. z wpisaniem stanów materiałowych na dzień 31.12.1970 r./,
- uzupełnianie indeksu na bieżąco po roku 1971.

Przygotowanie w zakładach materiałów podstawowych, na podstawie których będą sporządzane karty indeksowe /inventaryzacyjne/. Przedsiębiorstwa korzystające z maszyn liczących, w których obrót materiałowy jest wykonywany systemem zmechanizowanym i posiadające indeks materiałowy na kartach perforowanych /80 lub 90 kolumnowych/ lub na taśmach perforowanych bądź magnetycznych mają ułatwione zadanie, ponieważ etapy związane z przygotowaniem materiałów podstawowych w fazie wstępnej zostaną wyeliminowane. W nieco trudniejszej sytuacji są zakłady, które nie korzystają z maszyn liczących, ponieważ poszczególne informacje znajdują się w różnych komórkach organizacyjnych /decentralizacja/.

Aby informacje te zebrać w jednej kartotece /zaopatrzenia lub księgowości materiałowej/ należy korzystać z wielu źródeł, jak: cenniki, katalogi itp. Jednak zebranie tych informacji w jednej kartotece ułatwi w drugim etapie pracę, wpłynie na prawidłowe i szybkie wypełnienie kart indeksowych /inventaryzacyjnych/. Czynności te należy wykonać w każdym zakładzie wchodzącym w skład przedsiębiorstwa wielozakładowego.

Wypełnianie kart indeksowych /trzy wersje/.

W e r s j a I

Każdy zakład wypełnia karty indeksowe /inventaryzacyjne/ indywidualnie następnie przesyła do zakładu wiodącego, który opracuje na ich podstawie indeks centralnie dla całego przedsiębiorstwa. W tym wypadku podstawowa i zasadnicza praca wykonana jest przez jeden tylko zakład, a właściwie przez zespół kierujący pracami, powołany w zakładzie wiodącym.

W przypadku opracowania indeksu branżowego zespół kierujący pracami w przedsiębiorstwie sprawdza otrzymane karty i przekazuje do zespołu branżowego, który wykonuje dalsze czynności.

W kartach indeksowych niezbędne są następujące informacje:

- numer przedsiębiorstwa,
- symbol materiałowy dotychczas używany,
- pełna nazwa materiału, która ułatwi wpisanie symbolu SWW,
- symbol SWW,
- cena jednostkowa,

- jednostka miary /szt, kg, itp./
- inne informacje, które mogą być przydatne dla przedsiębiorstwa lub branży.

W e r s j a II

Karty indeksowe wypełnia tylko jeden zakład najbardziej typowy w przedsiębiorstwie, w tylu egzemplarzach ile jest zakładów. Następnie karty przekazywane są branżami do poszczególnych zakładów, które uzupełniają je tylko o dostępne sobie materiały. W ten sposób skompletowane w każdym zakładzie karty /eliminuje się te karty, które nie mają odzwierciedlenia w materiałach/, są sprawdzane i przekazywane do zakładu wiodącego, który postępuje z nimi w zależności od przyjętego systemu opracowania indeksu /zakładowy lub branżowy/. W tej wersji zużywa się więcej kart, ale praca rozłożona jest na wszystkie zakłady a koszty związane z opracowaniem indeksu wydatnie maleją.

W e r s j a III

Stosowana w przypadku opracowania indeksu branżowego oraz odpowiednich zaleceń od zespołu branżowego, który zleci przedsiębiorstwu wielozakładowemu przesłanie tylko jednego łącznego kompletu kart indeksowych dla przedsiębiorstwa. Postępuje się wówczas według wersji II, ale dodatkową czynnością jest eliminacja kart powtarzających się w zakładach i skompletowanie jednego zbioru kart indeksowych dla całego przedsiębiorstwa. Na podstawie analizy tych trzech wersji opracowania kart indeksowych wynika, że najbardziej ekonomiczna jest wersja II. Wypełnia się wprawdzie więcej kart indeksowych, ale koszt ich jest niższy od pracochłonności, związanej z wypełnianiem kart indywidualnych w każdym zakładzie.

Uwaga: W zakładach korzystających z maszyn liczących i posiadających indeks materiałowy na kartach lub taśmach, nie jest konieczne ręczne wypełnianie kart indeksowych. System opracowania indeksu zostanie omówiony w końcowej części opracowania.

Uzupełnianie kart indeksowych symbolem SWW.

Wskazane byłoby, aby symbol SWW wpisywał zespół branżowy lub zakładowy w zależności od przyjętej formy sporządzania indeksu materiałowego lub towarowego. Wpisywanie symbolu SWW przez ten sam zespół wpłynie na zmniejszenie pomyłek, a tym samym na jakość opracowanego indeksu. Czynność ta jest bardzo ważna i wymaga od osób wykonujących ją pewnych umiejętności i kwalifikacji, ponieważ źle wpisany symbol SWW pociągnie za sobą nieprawidłową ewidencję w obrocie materiałowym, w okresie jego stosowania tj. po 1.01.1971r. Zasadnicze znaczenie mają pierwsze 4 cyfry z SWW, według których będą opracowywane sprawozdania GUS w zakresie obrotu materiałowego. Błędny symbol spowoduje nieprawidłowe zakwalifikowanie materiału w sprawozdaniach GUS i innych zestawieniach obejmujących tylko pierwsze cyfry.

Uzupełnianie kart indeksowych symbolem zakładowym.

Czynność ta jest konieczna tylko w tym przypadku jeżeli zespół, który będzie wpisywał symbol SWW nie uwzględni dalszej rozbudowy symbolu dla potrzeb branży lub zakładu. Rozbudowa symbolu jest konieczna wówczas, gdy ten sam materiał będzie występował pod różnymi jednostkami miary, o różnych wymiarach /długości, grubości, wagi itp./, a w SWW występuje pod jedną pozycją jednostki miary.

Druk indeksu materiałowego i wdrożenie w zakładach.

Podstawą wdrożenia indeksu będzie dostarczenie w odpowiednim czasie wszystkim komórkom organizacyjnym, biorącym udział w obrocie materiało-

wym, zestawień indeksu materiałowego. W zależności od ilości zestawień indeksowych dla przedsiębiorstwa wielozakładowego, druk można wykonać różnymi metodami: powielić, wydrukować na maszynach liczących /tabulatorach alfanumerycznych/ i cyfrowych /w tym przypadku należy sporządzić karty perforowane względnie taśmy papierowe lub magnetyczne/. Wdrożenie indeksu w zakładach będzie polegało na wpisaniu danych w kartotekach, zapoznaniu wszystkich pracowników biorących udział w obrocie materiałowym /pracownicy zaopatrzenia, magazynów, księgowości, produkcji itp./, którzy wypełniają dokumenty pierwotne, jak: Pz, Wz, Mm itd. Odpowiednie przygotowanie pracowników w zakresie posługiwania się nowym indeksem wpłynie na jakość pracy po 1 stycznia 1971 roku oraz wyeliminuje do minimum błędy i pomyłki. Uzupełnianie indeksu po 1 stycznia 1971 roku.

Całość opracowania nie spełniłaby zamierzonego celu, gdyby na bieżąco nie uzupełniano indeksu. Należy powołać pracownika w przedsiębiorstwie wielozakładowym, którego obowiązkiem będzie uzupełnianie na bieżąco indeksu w następujący sposób: dla materiału, który wpłynie do danego zakładu, a nie będzie umieszczony w opracowanym indeksie, należy wypełnić kartę indeksową i przesłać do tego szczebla zarządzania na jakim był opracowany indeks. Tam zostanie wstawiony symbol indeksu według SWW. Czynność ta winna przebiegać sprawnie i w maksymalnie krótkim terminie, aby nie zakłócać rytmu pracy w zakładzie, który wystąpił z uzupełnieniem. Uwaga: Wskazane jest aby karty indeksowe miały format A-6, wykonane zostały z kartonu o gramaturze 180 - 220, z nadrukiem dwustronnym, ponieważ będą służyły jako kartoteka indeksowa w przedsiębiorstwach nie korzystających z maszyn liczących. Karty indeksowe mogą być przechowywane w kartotece pionowej o tym samym formacie i pojemności 18, 30 lub 50 tys. w zależności od ilości posiadanych kart w zakładzie lub przedsiębiorstwie.

2. Opracowanie indeksu w przedsiębiorstwie korzystającym z maszyn liczących

Poniżej omówione zostanie opracowanie indeksu w przedsiębiorstwie, w którym zmechanizowano obrót materiałowy. Należy wykonać następujące czynności:

- sporządzić zestawienie indeksu na tabulatorze alfanumerycznym lub maszynie cyfrowej z podwójnym odstępem,
- ręcznie nanieść poprawki na tabulogramie wg SWW łącznie z wpisaniem symbolu SWW i dobudowaniem symbolu zakładowego,
- wydziurkować z tego zestawienia karty perforowane lub taśmy perforowane z informacjami zapewniającymi prawidłowe wczytanie indeksu do maszyny cyfrowej lub przy sporządzaniu zestawień w zakresie obrotu materiałowego na maszynach analitycznych,
- sprawdzić wykonane zestawienia na maszynach i dokonać poprawek,
- wykonać poprawne zestawienie ponownie na maszynach dla celów wdrożenia indeksu w przedsiębiorstwie.

Niepełny obraz opracowania indeksu wg SWW przy korzystaniu z maszyn liczących pokazuje ich ekonomiczne zastosowanie i zmniejszenie pracochłonności przy tak prostych czynnościach.

3. Opracowanie kart inwentaryzacyjnych w Przedsiębiorstwie "Elpo"

W krótkim zarysie zostanie omówiony pierwszy etap prac w ZZEAP "Elpo", obejmujący sporządzenie kart inwentaryzacyjnych. Należy zaznaczyć, że ze względu na istnienie oddziałów zamiejscowych oraz dużej ilości różnorodnych materiałów, niezbędnych do wykonania wyrobów gotowych, produkowanych przez przedsiębiorstwo, prace w pierwszym etapie były bardzo utrudnione. W związku z opracowaniem indeksu materiałowego na maszynach

cyfrowych przyjęto w ramach Zjednoczenia "Mera" następujący tryb sporządzenia kart inwentaryzacyjnych:

1. powołano w przedsiębiorstwie zespół d/s opracowania indeksu materiałowego i wykonano prace wstępne w oparciu o instrukcje otrzymane od Zespołu Branżowego,
2. uczestniczono w naradach roboczych organizowanych przez Zespół Branżowy. Na naradach tych omawiano merytoryczne wypełnianie kart inwentaryzacyjnych oraz udzielano członkom zespołów zakładowych informacji i instruktażu w zakresie prac związanych z opracowaniem nowego indeksu materiałowego,

1. Symbol Przedsięb.	2. Symbol Magazynu	KARTA INWENTARYZACYJNA										3. Grupa przydzio.	4. Nr Karty													
5. Nazwa materiału /Wy różnik, klasa, gatunek, typ, wymiar Rodzaj powierzchni, stan obróbki, norma, nr. katalogowy /																										

6. Dotychczasowy symbol indeks.																										
7. Kooperacja																										
										Symb. Literok		Symb. Cyfrow.		Nr. rysunku												
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14															
8. Nazwa stosowana w indeksie opracowanym wg. SWW /skróty /																										
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Wymiar /d.c. nazwy /										9. Jedn. miary		10. Symbol. indeksu wg. SWW/nowej														
42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
11. Cena						12. Nazwa lub symbol dostawcy								Rezerwa dla EPD												
złotych						gr																				
69	70	71	72	73	74	75	-----								76		77	78	79							
13. Podpisy Komisji inwentaryzacyjnej Przedsiębiorstwa						14. Podpisy Zespołu Branżowego						Uwaga: Przedsiębiorstwo wypełnia pola: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13 Zespół Branżowy wypełnia pola: 8, 9, 10, 14.														
						Data.																				

Rys. 1

3. ustalono system wykonania kart inwentaryzacyjnych i zapoznano z nim przedstawicieli Oddziałów i ZD "Eureka",
4. wypełniono karty inwentaryzacyjne na materiały występujące w zakładzie warszawskim,

5. przesłano po jednym egzemplarzu wypełnionych kart inwentaryzacyjnych Oddziałom "Elpo" i ZD "Eureka" celem wypełnienia pozostałych kart na materiały występujące w Oddziałach i ZD "Eureka",
6. poszczególne Oddziały i ZD "Eureka" przesyłały karty skompletowane wg zasady branżowej do zespołu Przedsiębiorstwa, skąd przekazano je do dalszego opracowania specjalistycznym grupom, pracującym pod nadzorem Zespołu Branżowego. Tu opatrywano je nazwą asortymentu, jednostką miary i symbolem SWW.

Należy podkreślić, że centralne uzupełnienie nazwy, jednostki miary i symbolu wg SWW, wpłynie na jakość opracowania i pozwoli posługiwać się tymi skrótami w przypadku, gdy nazwa materiału jest zbyt długa.

Przyjęty system sporządzenia kart inwentaryzacyjnych okazał się bardzo ekonomiczny, gdyż około 50% pozycji materiałowych, występujących w zakładzie warszawskim, znajduje się w poszczególnych Oddziałach i ZD "Eureka", a więc nie musiano wypełniać kart inwentaryzacyjnych w Oddziałach na te same materiały.

Dalszy etap prac związanych z uzupełnieniem symbolu SWW dla potrzeb zakładu uzależniony będzie od dostarczenia kart przez Zespół Branżowy oraz ich wypełnienia przez grupy specjalistyczne. Na rys. 1 przedstawiono taką kartę opracowaną przez Zespół Branżowy.

4. Wnioski końcowe

Nowym indeksem wg SWW powinny być objęte w przedsiębiorstwach wszystkie materiały, narzędzia, urządzenia biurowe, środki trwałe itp. Mimo że zakres pracy poważnie wzrósłby lecz efekt końcowy byłby bardzo korzystny, ponieważ przedsiębiorstwa w zakresie obrotu materiałowego zostałyby przygotowane do przejścia na zmechanizowany obrachunek na maszynach analitycznych lub cyfrowych. W tym wypadku istniałaby możliwość wprowadzenia na maszyny liczące wszystkich prac /tematów/, w których prowadzi się ewidencję ilościową, wartościową lub łączną w zakresie obrotu materiałowego. Ponieważ akcja ta dotyczy wszystkich gałęzi gospodarki narodowej, należy zmobilizować wszystkie jednostki organizacyjne, aby indeks wg SWW opracowany został pod kątem wprowadzenia go na maszyny liczące w bardzo krótkim czasie po 1971 roku.

Najważniejszym osiągnięciem, jakie wynika z opracowania nowego indeksu jest jednoznaczne nazewnictwo i symbolika, które są podstawowym językiem porozumiewania się kontrahentów oraz zarysowująca się możliwość rozwiązania w najbliższym czasie tak istotnego problemu jak transmisja danych /przesyłanie informacji na odległość/ pośrednia lub bezpośrednia do maszyn cyfrowych.

Proponujemy, aby na ten temat wypowiedzieli się pracownicy innych zakładów zgrupowanych w Zjednoczeniu "Mera" i podzielili się swoimi uwagami oraz osiągnięciami w tym zakresie. Zasadniczy problem, jaki winni poruszyć autorzy w swoich pracach, to bieżące uzupełnianie indeksu po 1.01. 1971 roku.

Z Z A G R A N I C Y

ICL uruchamia produkcję pamięci dyskowych z wymiennymi pakietami oznaczonymi symbolem EDS 30. Będzie ona stosowana do maszyn 1900 i Systemu 4, przez co ulegną znacznej poprawie charakterystyki techniczne tych maszyn. We współpracy z maszynami serii 1900 pojemność EDS 30 ma wynosić od 92 do 276 mln znaków, a z Systemem 4 - od 87,3 do 262 mln bytes. Oczywiście EDS 30 jest w pełni kompatybilna z maszynami produkcji ICL.

GE - Honeywell

Podano do wiadomości, że ma nastąpić fuzja dwu koncernów amerykańskich General Electric Co. i Honeywell w części dotyczącej produkcji maszyn cyfrowych. Nowa kompania będzie prowadzona przez Honeywell'a w Bostonie.

ICL dostarcza komputery do ZSRR

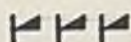
Znana angielska firma ICL sprzedała do ZSRR następną partię maszyn cyfrowych wartości 2 mln funtów szterlingów, nie licząc dostaw wartości 850 tys. funtów podanych do wiadomości w lutym br. Ostatnie zamówienie składało się z 4 maszyn systemu 4. Największa była maszyna 4-70 wartości ponad 700 tys. funtów szterlingów. Maszyna ta została wyposażona bogato w urządzenia peryferyjne, włączając w to 2 display'e ekranowe.

Marketing

W Wielkiej Brytanii szybko rośnie zapotrzebowanie na urządzenia kodujące na taśmie magnetycznej. Firma Honeywell np. sprzedała tych urządzeń za 1 mln funtów szterlingów.

Amerykańskie Bureau of International Commerce /BIC/ ogłosiło niedawno wyniki badania rynku systemów przetwarzania danych w Danii, Szwecji i Hiszpanii. Według oceny specjalistów BIC istnieją pomyślne perspektywy eksportu tych urządzeń do wymienionych krajów.

Oprac. P. Głowacki



TECHNIKA

EKONOMIKA, ORGANIZACJA

mgr inż. E. Ż y b u r a: PROBLEMY SYNTEZY NIEZAWODNYCH URZĄDZEŃ I UKŁADÓW AUTOMATYKI.
UKD: 62-5.004.2

W części I artykułu określono podstawowe zagadnienia związane z wyborem parametrów technicznych oraz syntezą urządzeń automatyki. Poszczególne zagadnienia omówiono z punktu widzenia ich wpływu na niezawodną pracę urządzeń w warunkach eksploatacyjnych. Podane zostały podstawowe zależności matematyczne opisujące przebiegi zmian parametrów technicznych urządzeń w funkcji czasu, jak też podstawowe zależności probabilistyczne wykorzystywane w części II do oceny niezawodności urządzeń.

/E.Ż./

mgr inż. L. L i p i ń s k i: LABORATORYJNE BADANIA NIEZAWODNOŚCI I JAKOŚCI METROLOGICZNEJ WAG ANALITYCZNYCH.
UKD: 681.26.08

W artykule dokonano przeglądu podstawowych wielkości metrologicznych charakteryzujących wagę analityczne wysokiej dokładności. Ponadto przedstawiono metody badań laboratoryjnych wielkości H/t i $S/T, p, f$.

mgr inż. H. W i e r z b a: REGULATOR WILGOTNOŚCI WZGLĘDNEJ POWIETRZA Z ELEKTROLITYCZNYM CZUJNIKIEM OPOROWYM.
UKD: 62-533.6:697.93

W artykule podano dane techniczne elektronicznego czujnika oporowego stosowanego w regulatorze wilgotności względnej powietrza. Omówiono także własności techniczne regulatora typu RWw-1, sprzężonego z wymienionym czujnikiem. Aparatura została opracowana w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów w Warszawie.

/H.W./

mgr inż. H. Z a w i s t o w s k i: PROBLEMY PRODUKCJI WYROBÓW PRECYZYJNYCH Z TWORZYW SZTUCZNYCH.
UKD: 681:678.06

Artykuł omawia podstawowe warunki produkcji wyrobów precyzyjnych z tworzyw sztucznych metodą wtrysku: zagadnienia właściwej konstrukcji form, doboru parametrów technologicznych oraz wymagania stawiane wtryskom. Autor postuluje koncentrację produkcji tą metodą w wyspecjalizowanych zakładach.

/H.Z./

mgr inż. I. A n t o Ń: LABORATORIUM ELEKTRYCZNE NKT W LZAE "LUMEL" - ORGANIZACJA, METODY PRACY I ODDZIAŁYWANIE NA JAKOŚĆ PRODUKCJI.
UKD: 658.562:621.317.2

Artykuł omawia podstawowe funkcje laboratorium kontroli technicznej w LZAE "LUMEL" oraz metodę oddziaływania tej placówki na podniesienie jakości produkcji.

H. K y c i a: ORGANIZACJA DUŻYCH OŚRODKÓW PRZETWARZANIA DANYCH.
UKD: 681.142

Podjmując dyskusję nad najwłaściwszą formą organizacyjną przetwarzania danych, autor uzasadnia celowość tworzenia dużych ośrodków wyposażonych w urządzenia do przetwarzania danych. Ośrodki te mają możliwość prawidłowego doboru maszyn analityczno-liczących pod kątem obciążenia ich pracą.

/H.K./

H. K y c i a: OPRAWOWANIE INDEKSU MATERIAŁOWEGO I TCWAROWEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE WIELOZAKŁADOWYM.
UKD: 658.286

Omawiany w artykule system opracowania indeksu materiałowego dotyczy kombinatów - przedsiębiorstw grupujących kilka zakładów. Końcowa część zawiera informacje na temat opracowania indeksu materiałowego w przypadku korzystania z maszyn liczących.

/H.K./

HHH

Cena 43.- zł

Pren. roczna 516.- zł

