

1970

Nr 57

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY
ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 10

WARSZAWA 1970

NR 57

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

**mgr inż. Władysław Cetner, mgr Kazimierz Kotowski,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko**

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 33

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

**Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 765. Druk ukończono
w lutym 1970 r.**

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Mirosław Marciniak

ROZPIYW STRUMIENI RUCHU TELEFONICZNEGO W UKŁADACH WIELOCENTRALOWYCH SIECI PEŁNOAUTOMATYCZNEJ



SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Współczynniki zainteresowania między centralami	3
2.1. Bezwzględny współczynnik zainteresowania	3
2.2. Zredukowany współczynnik zainteresowania	4
2.3. Współczynniki zainteresowania w układach wielocentralowych z tandemowaniem ruchu	6
2.4. Określanie współczynników zainteresowania w istniejących sieciach	9
3. Analiza rozpiywu ruchu	11
3.1. Ruch lokalny centrali	11
3.2. Czynniki oddziaływujące na współczynniki zainteresowania	13

	Str.
3.3. Rozpływ ruchu między kategoriami abonentów	18
3.4. Zmiany rozpływu ruchu w sieci	21
4. Wnioski	23
Wykaz literatury	25

Mirosław Marciniak

ROZPIŁYW STRUMIENI RUCHU TELEFONICZNEGO
W UKŁADACH WIELOCENTRALOWYCH I
SIECI PEŁNOAUTOMATYCZNEJ

1. WSTĘP

Jednym z najbardziej złożonych problemów ruchowych, z jakimi spotykamy się zarówno przy projektowaniu jak i przy eksploatacji sieci wielocentralowych, jest określenie rozpiływu ruchu telefonicznego w sieci. Znajomość rozpiływu ruchu jest konieczna dla właściwego obliczenia wiązek łączy.

Najprostszy model rozpiływu ruchu w sieci wielocentralowej opiera się na założeniu, że zainteresowania pomiędzy abonentami sieci są jednakowe i, że ruch generowany przez abonentów każdej centrali wchodzącej w skład sieci rozdziela się między wszystkie centrale tej sieci (łącznie z daną centralą) proporcjonalnie do średniego natężenia ruchu generowanego przez te centrale w GNR. Tego rodzaju rozpiływ ruchu nazywany jest rozpiływem równomiernym.

Przy rozpiływie równomiernym łatwo można obliczyć natężenie ruchu między poszczególnymi centralami, jeśli tylko dane są natężenia ruchu każdej centrali wchodzącej w skład sieci [1]. I tak, jeśli w sieci złożonej z

central A, B, C, D (rys. 1)^{x)} średnie natężenie ruchu generowanego przez każdą z central jest równe odpowiednio A_a , A_b , A_c i A_d , to średnie natężenie ruchu od centrali A do poszczególnych central sieci określone jest zależnościami

$$\left. \begin{aligned} R'_{a-a} &= A_a \cdot \frac{A_a}{A_a + A_b + A_c + A_d} \\ R'_{a-b} &= A_a \cdot \frac{A_b}{A_a + A_b + A_c + A_d} \\ R'_{a-c} &= A_a \cdot \frac{A_c}{A_a + A_b + A_c + A_d} \\ R'_{a-d} &= A_a \cdot \frac{A_d}{A_a + A_b + A_c + A_d} \end{aligned} \right\} (1)$$

Analogiczne wzory można wypisać również i dla pozostałych central sieci.

W rzeczywistości jednak średnie natężenie ruchu pomiędzy poszczególnymi centralami sieci będzie odmienne od wartości określonych za pomocą wzorów (1). Wynika to stąd, że w wyniku różnego rodzaju zależności gospodarczych, kulturalnych i innych, zainteresowania pomiędzy abonentami nie są jednakowe. Opisany wyżej model i wzory (1) nie mogą być bezpośrednio stosowane do oblicza-

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

nia ruchu międzycentralowego, mogą natomiast stanowić punkt wyjścia do wyprowadzenia wzorów bardziej ściśle określających natężenia ruchu pomiędzy centralami. Obecna metodyka określania rozplywu ruchu oparta jest na zastosowaniu współczynników zainteresowania, określających, mówiąc najogólniej, stosunki między rzeczywistymi wartościami natężenia ruchu międzycentralowego i wartościami tego natężenia w przypadku rozplywu równomiernego.

W dalszym ciągu tego artykułu omówione są dwa stosowane obecnie sposoby określania współczynników zainteresowania między centralami sieci.

2. WSPÓŁCZYNNIKI ZAINTERESOWANIA MIĘDZY CENTRALAMI

2.1. Bezwzględny współczynnik zainteresowania

Według definicji podanej przez Langerę [2], [1] współczynnik zainteresowania f_{i-j} centrali I względem centrali J jest to stosunek średniego natężenia ruchu R_{i-j} , płynącego w rzeczywistości od centrali I do centrali J, do średniego natężenia ruchu R'_{i-j} , płynącego między tymi centralami w przypadku rozplywu równomiernego. Natężenie ruchu R'_{i-j} określa się za pomocą wzorów analogicznych do (1).

$$f_{i-j} = \frac{R_{i-j}}{R'_{i-j}} = R_{i-j} \frac{A_a + A_b + A_c \dots}{A_i \cdot A_j} = R_{i-j} \frac{A_{\text{sieci}}}{A_i \cdot A_j} \quad (2)$$

Wartość współczynnika zainteresowania f_{i-j} można więc określić, jeśli znane jest natężenie R_{i-j} ruchu od centra-

li I do centrali J oraz natężenie ruchu generowanego przez wszystkie centrale sieci. I odwrotnie: znając wartości całkowitego natężenia ruchu generowanego przez wszystkie centrale sieci i odpowiedni współczynnik zainteresowania f_{i-j} , można obliczyć rzeczywistą wartość R_{i-j} natężenia ruchu od centrali I do centrali J

$$R_{i-j} = A_i \frac{A_j \cdot f_{i-j}}{A_{\text{sieci}}} \quad (3)$$

Współczynniki zainteresowania f dają dobry obraz wpływu ruchu w interesującej sieci wielocentralowej, jednakże wadą ich jest zależność od sumy natężeń ruchu generowanego przez wszystkie centrale tej sieci. Z powodu tej zależności nie można wniosków dotyczących wartości liczbowych współczynników f jednej sieci uogólniać bezpośrednio na inne sieci; można to uczynić dopiero po dokonaniu odpowiednich przeliczeń. Co więcej, zależność współczynników f od A_{sieci} powoduje, że jakakolwiek zmiana tego natężenia (np. skutek dołączenia nowej centrali) pociąga za sobą zmianę wartości wszystkich współczynników f .

2.2. Zredukowany współczynnik zainteresowania

W celu uniknięcia mankamentów, jakimi obarczone są bezwzględne współczynniki zainteresowania f zdefiniowane za pomocą wzoru (2), w pracy [1] zostały zdefiniowane tzw. zredukowane współczynniki zainteresowania. Zre-

dukowany współczynnik zainteresowania k_{i-j} centrali I względem centrali J wyraża się przez stosunek bezwzględnego współczynnika zainteresowania f_{i-j} centrali I względem centrali J do bezwzględnego współczynnika zainteresowania f_{i-i} centrali I względem samej siebie:

$$k_{i-j} = \frac{f_{i-j}}{f_{i-i}} = \frac{R_{i-j} \cdot A_i}{R_{i-i} \cdot A_j} \quad (4)$$

Porównując wzory (2) i (4) widzimy, że podczas gdy współczynniki f określone są na tle całej sieci, co wyraża się zależnością od A_{sieci} , to współczynniki k zależą tylko od natężeń A_i i A_j ruchu generowanego przez centrale I i J, natężenia ruchu R_{i-j} od centrali I do centrali J oraz od natężenia ruchu R_{i-i} wewnątrzcentralowego centrali I. Wskutek tego znacznie łatwiejsze jest określanie zredukowanych współczynników zainteresowania, a prócz tego, na podstawie współczynników określonych (za pomocą pomiarów - patrz rozdział 2.4) dla już istniejącej sieci, można wnioskować o współczynnikach zainteresowania dla sieci projektowanej (oczywiście z uwzględnieniem wszelkich analogii i rozbieżności co do odległości między centralami, ich pojemności, powiązań gospodarczych itd.). Obliczanie strumieni ruchu międzycentralowego za pomocą współczynników k także jest łatwiejsze; przekształcając wzór (4) otrzymujemy:

$$R_{i-j} = k_{i-j} \cdot \frac{A_j}{A_i} \cdot R_{i-i} \quad (5)$$

Warto jeszcze zauważyć, że zredukowany współczynnik zainteresowania jakiegokolwiek centrali względem siebie samej jest równy jedności

$$k_{i-i} = \frac{f_{i-i}}{f_{i-i}} = 1 \quad (6)$$

2.3. Współczynniki zainteresowania w układach wielocentralowych z tandemowaniem ruchu

Duże układy wielocentralowe, takie jak np. Warszawski Węzeł Telefoniczny, podzielone są zwykle na strefy numeryjne, które pokrywają się obszarami tandemowania ruchu. Centrale położone w obrębie jednej strefy połączone są ze sobą w układzie wielobocznym, natomiast centrale położone w różnych strefach łączą się ze sobą za pośrednictwem jednej lub więcej central tandemowych, przy czym można wyróżnić dwa przypadki:

- tandemowanie ruchu przychodzącego do strefy;
- tandemowanie ruchu przychodzącego i wychodzącego.

W przypadku pierwszym, którego zasada przedstawiona jest na rys. 2, każda centrala strefy A połączona jest wiązką łączy z centralą tandemową strefy "B" (i ewentualnie dalszymi wiązkami łączy z centralami tandemowymi innych stref, jeśli są). Centrala tandemowa każdej strefy skupia cały ruch przychodzący do tej strefy i tu następuje rozdział ruchu przychodzącego między poszczególne centrale strefy.

W przypadku drugim, przedstawionym na rys. 3, każda centrala połączona jest wiązką łączy z centralą tandemową swojej strefy, skupiającą cały ruch wychodzący poza obręb strefy. Centrale tandemowe poszczególnych stref połączone są ze sobą, najczęściej w układzie wielobocznym. Ruch przychodzący do strefy również skupia się w centrali tandemowej i jest następnie rozdzielany między poszczególne centrale strefy.

W takiej sytuacji celowe jest, oprócz określonych dotychczas współczynników zainteresowania, które można nazwać współczynnikami zainteresowania typu "centrala-centrala", wprowadzić pojęcia współczynników zainteresowania typu "centrala-strefa" oraz typu "strefa-strefa".

Przez analogię do definicji współczynników typu "centrala-centrala", bezwzględny współczynnik zainteresowania f_{a1-B} centrali A1 względem strefy B wyraża się stosunkiem rzeczywistego natężenia ruchu R_{a1-B} od centrali A1 do strefy B, do natężenia ruchu R'_{a1-B} , jaki by płynął w tej relacji w przypadku rozplywu równomiernego

$$f_{a1-B} = \frac{R_{a1-B}}{R'_{a1-B}} = R_{a1-B} \frac{A_A + A_B + A_C + \dots}{A_{a1} \cdot A_B} = R_{a1-B} \frac{A_{\text{sieci}}}{A_{a1} \cdot A_B} \quad (7)$$

gdzie A_{a1} - natężenie ruchu generowanego przez centralę A1,

A_A, A_B, \dots - natężenie ruchu generowanego odpowiednio przez strefę A, B, ...

Analogiczne zależności można napisać również dla bez-

względnych współczynników zainteresowania innych central oraz względem innych stref. Zredukowany współczynnik zainteresowania k_{a1-B} centrali A1 względem strefy B możemy konsekwentnie określić jako stosunek bezwzględnego współczynnika zainteresowania f_{a1-B} do bezwzględnego współczynnika zainteresowania f_{a1-A} centrali A1 względem własnej strefy:

$$k_{a1-B} = \frac{f_{a1-B}}{f_{a1-A}} = \frac{R_{a1-B}}{R_{a1-A}} \cdot \frac{A_A}{A_B} \quad (8)$$

W podobny sposób można określić także bezwzględny i zredukowany współczynnik zainteresowania strefy A względem strefy B:

$$f_{A-B} = \frac{R_{A-B}}{R_{A-B}} = R_{A-B} \frac{A_A + A_B + A_C + \dots}{A_A \cdot A_B} = R_{A-B} \cdot \frac{A_{\text{sieci}}}{A_A \cdot A_B} \quad (9)$$

$$k_{A-B} = \frac{f_{A-B}}{f_{A-A}} = \frac{R_{A-B}}{R_{A-A}} \cdot \frac{A_A}{A_B} \quad (10)$$

gdzie R_{A-A}, R_{A-B}, \dots - natężenie ruchu od strefy A do strefy A, od strefy A do strefy B itd.

Warto zaznaczyć, że zredukowany współczynnik zainteresowania jakiejkolwiek centrali względem własnej strefy tej centrali oraz zredukowany współczynnik strefy względem samej siebie są równe jedności:

$$k_{a1-A} = 1; \quad k_{A-A} = 1$$

2.4. Określanie współczynników zainteresowania w istniejących sieciach

Aby obliczyć wartość zredukowanego współczynnika zainteresowania k_{i-j} centrali I względem centrali J, określonego wzorem (4):

$$k_{i-j} = \frac{R_{i-j} \cdot A_i}{R_{i-i} \cdot A_j}$$

należy określić za pomocą pomiarów wartości A_i , A_j , R_{i-i} oraz R_{i-j} . Pomiar wartości A_i i A_j , a także R_{i-i} nie przedstawia trudności i nie wymaga komentarzy. W prostych sieciach również pomiar natężenia ruchu międzycentralowego R_{i-j} nie nastręcza trudności: jeżeli wiązka łączy łącząca centrale I i J załatwia tylko ruch od centrali I do centrali J, wówczas R_{i-j} można ustalić drogą pomiaru natężenia ruchu na tej wiązce. Natomiast jeśli wiązki międzycentralowe załatwiają ruch kierowany do różnych central, to aby na podstawie pomiarów natężenia ruchu na wiązkach międzycentralowych określić natężenia ruchu w poszczególnych relacjach, trzeba rozwiązać układ równań liniowych o wielu niewiadomych.

W prosty sposób można natomiast oszacować występujący we wzorze (4) stosunek R_{i-j}/R_{i-i} , posługując się analizatorami ruchu [3], [4]. Analizatory ruchu są to urządzenia, które za pomocą odpowiednich układów sprzęgających mogą przyłączać się do pewnej części zestawianych przez centralę telefoniczną połączeń i rejestrować

na taśmie perforowanej różnego rodzaju dane dotyczące tych połączeń. W szczególności mogą one rejestrować wybierane przez abonenta cyfry oraz momenty początku i końca połączenia. Połączenia, do których przyłączył się analizator, stanowią próbkę ruchu generowanego przez centralę. Na podstawie takiej próbki nie można wprowadzić oszacowań bezwzględnych wartości natężenia ruchu w poszczególnych kierunkach, jednakże można oszacować stosunki tych natężeń, biorąc stosunek sum czasów trwania połączeń, w których wybrane zostały odpowiednie cyfry kierunkowe. Obróbka danych dostarczonych przez analizator ruchu musi być wykonana przez maszynę cyfrową za pomocą odpowiedniego programu.

W identyczny sposób, na podstawie danych dostarczonych przez analizator ruchu, można oszacować stosunek R_{a1-B}/R_{a1-A} występujący we wzorze (8), na zredukowany współczynnik zainteresowania typu "centrala-strefa". Nie można natomiast posługiwać się analizatorami ruchu przy obliczaniu współczynników zainteresowania typu "strefa-strefa", gdyż analizator ruchu nie jest w stanie dostarczyć danych do oszacowania stosunku R_{A-B}/R_{A-A} . Wynika to stąd, że strumień R_{A-A} jest sumą strumieni ruchu lokalnego poszczególnych central strefy oraz strumieni ruchu między tymi centralami

$$R_{A-A} = R_{a1-a1} + R_{a2-a2} + \dots + R_{a1-a2} + R_{a1-a3} + \dots$$

i załatwiany jest przez inne wiązki łączy niż strumień R_{A-B} (który załatwiany jest przez wiązkę łączy między

centralą tandemową strefy A i centralą tandemową strefy B), wobec czego nie można włączyć analizatora ruchu tak, aby pobrana przezeń próbka ruchu składała się z połączeń należących do obu strumieni R_{A-A} i R_{A-B^*}

3. ANALIZA ROZPIXWU RUCHU

3.1. Ruch lokalny centrali

Stosunek natężenia ruchu lokalnego centrali I do całkowitego natężenia ruchu generowanego przez abonentów tej centrali nazywamy współczynnikiem ruchu lokalnego tej centrali w_i

$$w_i = \frac{R_{i-i}}{A_i} \quad (11)$$

Po podstawieniu do wzoru (11) wartości R_{i-i} obliczonej za pomocą wzoru (3) otrzymujemy

$$w_i = \frac{A_i \frac{f_{i-i} \cdot A_i}{A_{sieci}}}{A_i} = \frac{A_i}{A_{sieci}} f_{i-i} \quad (12)$$

Ponieważ natężenie ruchu generowanego przez centralę A_i jest w przybliżeniu proporcjonalne do liczby abonentów tej centrali N_i , przeto słuszna jest również przybliżona zależność:

$$w_i \approx \frac{N_i}{N_{sieci}} f_{i-i} \quad (13)$$

Z wzorów (12) i (13) widać, że współczynnik ruchu lokalnego zależy od udziału ruchu generowanego przez tę centralę w ruchu generowanym przez całą sieć, a w przybliżeniu od udziału liczby abonentów centrali w liczbie abonentów całej sieci. Potwierdzają to obserwacje prowadzone w sieci moskiewskiej [5], [7]. Na rys. 4 są zaznaczone punktami zaobserwowane wartości współczynnika w dla szeregu central moskiewskich w funkcji $\frac{N_{\text{centrali}}}{N_{\text{sieci}}}$.

Na podstawie tych danych wyznaczono przybliżoną zależność $w = f\left(\frac{N_{\text{centrali}}}{N_{\text{sieci}}}\right)$ w postaci

$$w = a + b \frac{N_{\text{centrali}}}{N_{\text{sieci}}} + c \quad (14)$$

gdzie stałe parametry a , b , c mogą być wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów. Krzywa tej zależności zaznaczona jest grubą linią ciągłą. Trzeba tu jednak zwrócić uwagę, że dane, na podstawie których wyznaczono zależność (14) dotyczą stosunkowo małej liczby central, w których w okresie obserwacji liczba abonentów zmieniała się nie więcej niż kilka procent i w których udział abonentów centralkowych wynosił również tylko kilka procent.

W świetle powyższego można przewidywać, że w miarę rozwoju sieci współczynniki ruchu lokalnego poszczególnych central będą się zmniejszały, lecz w tempie malejącym. Potwierdzają to obserwacje prowadzone w sieci moskiewskiej, gdzie ogólna pojemność sieci wzrosła od

181.600 numerów w roku 1953 do 418.900 numerów w roku 1963. Widać to z rys. 5, na którym przedstawiony jest wykres zmian współczynnika w w funkcji czasu: po burzliwym okresie 1946-1953, w którym obserwowano duże zmiany wartości współczynników w zarówno w górę jak i w dół, następny okres wykazuje wyraźną tendencję spadkową.

Na podstawie rys. 5 można także stwierdzić, że w sieci moskiewskiej koncentracja ruchu w obrębie obszaru własnej centrali jest znacznie większa, niż w Warszawskim Węźle Telefonicznym; o ile w sieci moskiewskiej obliczone na podstawie obserwacji wartości współczynnika w dla poszczególnych central nie były niższe od 11,5% (poza jednym wyjątkiem) i sięgały nawet do 40%, to w WWT stwierdzono wartości w granicach od 4% do 24% [8].

3.2. Czynniki oddziałujące na współczynniki zainteresowania

Współczynniki zainteresowania między poszczególnymi centralami sieci zależą od odległości między tymi centralami, od powiązań między rejonami, które te centrale obsługują, od ich położenia w stosunku do centrum, od pojemności poszczególnych central oraz od struktury abonentów. Oddzielne analizowanie wpływu każdego z tych czynników byłoby sprawą bardzo złożoną, na ogół zresztą nie jest to potrzebne. Najczęściej przedmiotem analizy jest zależność współczynników zainteresowania od odległości między centralami, wpływ pozostałych czynników uwzględniany jest pośrednio.

Ogólnie biorąc, w miarę wzrostu odległości między centralami współczynniki zainteresowania między nimi maleją, przy czym współczynniki dla ruchu w kierunku do centrum mają zwykle wartości większe niż współczynniki dla ruchu w kierunku od centrum, co zostało stwierdzone już przez Langerę [2] na podstawie obserwacji w sieci berlińskiej. Wykresy zredukowanych współczynników zainteresowania w funkcji odległości między centralami dla sieci berlińskiej podane są na rys. 6. Krzywa a podaje wartości współczynników zainteresowań dla ruchu w kierunku do centrum, krzywa b - w kierunku od centrum. Na tym samym rysunku pokazano również analogiczną zależność dla warunków angielskich (krzywa c) oraz krzywą wypośrodkowaną z krzywych a, b i c, która swego czasu była prowizorycznie przyjmowana za podstawę do szacowania współczynników zainteresowania w warunkach polskich [1] - krzywa d.

Zależności o podobnym charakterze stwierdzono również w Związku Radzieckim dla sieci terytorialnych. Na rys. 7 podane są wykresy bezwzględnego współczynnika zainteresowania w funkcji unormowanej odległości między głównymi centralami rejonów dla terytorialnej sieci woneńskiej, obejmującej obszar 37.300 km² i podzielonej na 21 rejonów; w skali naszego kraju odpowiadałoby to sieci wojewódzkiej. Unormowana odległość x_{ij} między głównymi centralami rejonów określona tu jest jako:

$$x_{ij} = \frac{l_{ij}}{l_i}$$

gdzie: l_{ij} - odległość w linii prostej między centralami I i J,

\bar{l}_i - średnia odległość w linii prostej centrali I od pozostałych central głównych określona jako:

$$\bar{l}_i = \frac{\sum_{j \neq i} l_{ij}}{n - 1}$$

n - liczba central głównych rejonów łącznie z główną centralą sieci.

Zależność współczynników zainteresowania od unormowanej odległości między centralami głównymi rejonów można aproksymować przy pomocy funkcji:

$$f_{ij} = a x_{ij}^{-b} + c \quad (15)$$

gdzie a , b , c - stałe współczynniki.

Tak regularny charakter zależności współczynników zainteresowania od odległości ma jednak miejsce tylko w przypadku, gdy poszczególne centrale sieci obsługują wyraźnie wyodrębnione obszary, jak to ma miejsce na przykład w odniesieniu do central strefy zewnętrznej dużych węzłów telefonicznych, czy też w sieciach terytorialnych, takich jak przytoczona wyżej sieć woroneńska. W warunkach polskich tego rodzaju zależności dadzą się zapewne zaobserwować w strefach numeracyjnych, obejmujących terytorium powiatu.

W sieciach wielkowiejskich zależność współczynników zainteresowania od odległości nie ma wyraźnego charakteru. Widać to chociażby z rys. 8, przedstawiającego zależność zredukowanego współczynnika zainteresowania od odległości dla kilku central sieci moskiewskiej. Istnieje tu wprawdzie ogólna tendencja zniżkowa w miarę wzrostu odległości, jednakże nie można podać jednej krzywej w dostatecznym stopniu aproksymującej podane wykresy. Analogiczne wyniki uzyskano także dla strefy wielkowiejskiej WWT [8].

Zasadniczą przyczyną takiego stanu rzeczy jest fakt, że obszary central strefy wielkowiejskiej nie są wyraźnie od siebie rozdzielone. Granice między nimi są ustalone najczęściej przez zarządzenia administracyjne, przy czym w miarę zwiększania się gęstości abonentów i powstawania nowych central granice te ulegają zmianom. Ponadto zatarcie się wyraźnej zależności współczynników zainteresowania od odległości wynika z silnych powiązań gospodarczych, społecznych, naukowych i innych między różnymi rejonami miasta, nawet bardzo odległymi od siebie.

W analogiczny sposób można analizować zależność od odległości współczynników zainteresowania typu "centrala-strefa" i "strefa-strefa". Pozostają tu słuszne wszystkie stwierdzenia podane wyżej dla współczynników zainteresowania typu "centrala-centrala", jednakże ze względu na to, że obszary stref są większe, niż obszary pojedynczych central można by sądzić, że ulegną zatar-

ciu przypadkowe różnice zainteresowań i charakter zależności powyższych współczynników zainteresowania od odległości będzie bardziej regularny, niż współczynników "centrala-centrala". W rzeczywistości nie zawsze tak jest.

Obserwacje ruchu w strefie wielkowiejskiej WWT wykazały [8], że współczynniki zainteresowania typu "centrala-strefa", podobnie jak i współczynniki zainteresowania "centrala-centrala", nie wykazują żadnej regularnej zależności od odległości, tyle tylko, że maleją w miarę wzrostu odległości. Natomiast w sieci moskiewskiej stwierdzono, że wartość zredukowanego współczynnika zainteresowania centrali Ix względem strefy J można aproksymować za pomocą funkcji wykładniczej

$$k_{ix-J} = a e^{bl_{ix-J}} + c \quad (16)$$

gdzie a , b , c - stałe współczynniki, l_{ix-J} - odległość między centralą Ix a centralą tandemową strefy J (w indeksach, jak wszędzie dotychczas, mała litera względnie mała litera z cyfrą oznacza centralę, duża litera - strefę). Jest to więc analogiczna zależność jak (15), służąca do określania bezwzględnych współczynników zainteresowania między centralami głównymi rejonów w sieci terytorialnej.

3.3. Rozpływ ruchu między kategoriami abonentów

W zależności od wielkości natężenia ruchu generowanego można wyodrębnić kilka kategorii ruchowych abonentów. Zazwyczaj rozróżnia się następujące kategorie abonentów:

kategoria M - abonenci mieszkaniowi, posiadający aparat telefoniczny w mieszkaniu prywatnym;

kategoria U - abonenci urzędowi, posiadający aparat telefoniczny w miejscu pracy;

kategoria C - abonenci centralkowi; jako abonent "centralkowy" traktowane jest każde łącze do centrali abonenckiej;

kategoria W - aparaty wrzutowe.

Cechą charakterystyczną każdej kategorii jest średnie natężenie ruchu a generowanego przez jednego abonenta tej kategorii. Wartości a dla abonentów poszczególnych kategorii ustala się na podstawie pomiarów ruchu; zmieniają się one w zależności od wielkości miasta czy osiedla oraz od kultury telefonicznej abonentów. Wartości a podane są w [9]. Przyjmuje się, że średnie natężenie ruchu przychodzącego b do abonentów poszczególnych kategorii jest równe średniemu natężeniu ruchu wychodzącego (co nie zawsze jest zgodne z rzeczywistością), z wyjątkiem aparatów wrzutowych, do których ruch przychodzący jest równy 0.

Nie badany dotychczas, a interesujący i mogący mieć duże zastosowanie przy projektowaniu sieci telefonicz-

nych jest rozptyw ruchu generowanego przez abonentów i -tej kategorii do abonentów poszczególnych kategorii. Tak na przykład całkowite średnie natężenie ruchu generowanego przez jednego abonenta mieszkaniowego a_m jest sumą natężeń ruchu do abonentów mieszkaniowych a_{mm} , do abonentów urzędowych a_{mu} i abonentów centralkowych a_{mc} :

$$a_m = a_{mm} + a_{mu} + a_{mc}.$$

Ogólnie biorąc, jeśli w sieci jest k kategorii abonentów, to natężenie ruchu generowanego przez abonenta kategorii i można przedstawić jako sumę natężeń ruchu do abonentów poszczególnych kategorii:

$$a_i = a_{i1} + a_{i2} + \dots + a_{ik} = \sum_{j=1}^k a_{ij} \quad (17)$$

Całość rozptywu ruchu między wszystkimi k kategoriami można przedstawić w postaci macierzy kwadratowej $[a]$ k -tego rzędu:

$$[a] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{ik} \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kj} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Suma wyrazów i -tego wiersza macierzy $[a]$, jest równa całkowitemu natężeniu ruchu generowanego przez jednego abonenta i -tej kategorii - patrz wzór (17). Suma wyrazów j -tej kolumny macierzy $[a]$ jest równa całkowitemu natężeniu ruchu przychodzącego do jednego abonenta j -tej kategorii:

$$b_j = a_{1j} + a_{2j} + \dots + a_{kj} = \sum_{i=1}^k a_{ij} \quad (19)$$

Podstawy metody obliczania rozplywu ruchu w sieciach wielocentralowych, opartej na wykorzystaniu macierzy rozplywu ruchu między kategoriami abonentów (18), przedstawił Rapp w [10]. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że macierz (18) informuje tylko o rozplywie ruchu między kategoriami abonentów, nie uwzględnia natomiast zmienności zainteresowań w funkcji odległości. Aby przeto mieć pełne informacje o rozplywie ruchu w sieci, należy dla każdej relacji podać macierz rozplywu

$$[a^{(r-s)}] = \begin{bmatrix} a_{11}^{(r-s)} & a_{12}^{(r-s)} & \dots & a_{1j}^{(r-s)} & \dots & a_{1k}^{(r-s)} \\ a_{21}^{(r-s)} & a_{22}^{(r-s)} & \dots & a_{2j}^{(r-s)} & \dots & a_{2k}^{(r-s)} \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ a_{i1}^{(r-s)} & a_{i2}^{(r-s)} & \dots & a_{ij}^{(r-s)} & \dots & a_{ik}^{(r-s)} \\ \vdots & \vdots & & & & \vdots \\ a_{k1}^{(r-s)} & a_{k2}^{(r-s)} & \dots & a_{kj}^{(r-s)} & \dots & a_{kk}^{(r-s)} \end{bmatrix} \quad (20)$$

Wyraz $a_{ij}^{(r-s)}$ tej macierzy podaje wartość natężenia ruchu od jednego abonenta kategorii i , przyłączonego do centrali R , do abonenta kategorii j , przyłączonego do centrali S . Tego rodzaju informacje trudno jest uzyskać i dlatego wydaje się, że metoda obliczania rozplywu ruchu oparta na uwzględnianiu zainteresowań między kategoriami abonentów będzie mogła znaleźć szersze zastosowanie dopiero po ewentualnym wykryciu i ustaleniu charakteru zależności współczynników zainteresowania między poszczególnymi kategoriami abonentów. Współczynniki te mogłyby być zdefiniowane w sposób analogiczny jak współczynniki zainteresowania między centralami.

3.4. Zmiany rozplywu ruchu w sieci

Wskutek ciągle rosnącego zapotrzebowania na usługi telefoniczne, sieci telefoniczne z biegiem czasu są rozbudowywane: zwiększa się pojemność istniejących central, tworzone są nowe centrale obsługujące obszary utworzone z części obszarów central istniejących oraz obszary nie objęte dotychczas zasięgiem danej sieci. Takie zmiany w strukturze sieci pociągają za sobą również zmiany rozplywu ruchu. Z punktu widzenia potrzeb prognozowania rozwoju ruchu telefonicznego istotna jest znajomość tendencji (trendów) tych zmian. Tendencje te można wykryć obserwując zachowanie się współczynników zainteresowania w funkcji czasu.

W miarę rozbudowy sieci rośnie jej ogólna pojemność N sieci, przy czym wzrost ten jest z reguły silniejszy niż

wzrost pojemności poszczególnych istniejących central, gdyż wpływa nań także budowa nowych central. W rezultacie można przyjąć, że w rozwijającej się sieci stosunek $N_{\text{centrali}}/N_{\text{sieci}}$ dla przeciętnej istniejącej centrali maleje w funkcji czasu, a zatem zgodnie z zależnością (14) powinny również maleć współczynniki ruchu lokalnego poszczególnych central, o czym już była mowa w 3.1. Natomiast na zredukowane współczynniki zainteresowania pomiędzy poszczególnymi centralami ogólny rozwój sieci nie ma wpływu, grają tu rolę tylko ewentualne zmiany pojemności, a tym samym ruchu generowanego przez obie zainteresowane centrale. Wniosek taki wypływa ze wzoru (4), a potwierdza go rys. 9, na którym przedstawiono wartości zredukowanych współczynników zainteresowania dla kilku par central sieci moskiewskiej, których pojemność w okresie obserwacji pozostawała praktycznie stała. Wartości te nie wykazują istotnych zmian. Umożliwia to wykorzystywanie wyznaczonych w istniejącej sieci współczynników zainteresowania także i dla perspektywy, pod warunkiem, że nie nastąpią żadne istotne zmiany struktury abonentów rozpatrywanych central.

Poza zmianami rozplywu ruchu wynikającymi z rozwoju sieci mogą także istnieć zmiany okresowe, spowodowane dobowymi lub sezonowymi zmianami aktywności określonych środowisk ludzkich, albo zmianami aktywności poszczególnych kategorii abonentów. Dla ilustracji można podać zmniejszanie się podczas wakacji współczynników zainteresowania do i od central obsługujących dzielnicę, w której skupiają się wyższe uczelnie i domy akademickie.

Innym przykładem mogą być odmienne wartości współczynników zainteresowania między poszczególnymi centralami podczas szczytu porannego i popołudniowego. W szczycie porannym ruch powodowany jest głównie przez abonentów urzędowych i centralnych, których zainteresowania obejmują przede wszystkim centrale posiadające znaczne ilości abonentów U i C, natomiast w mniejszym stopniu są rozłożone równomiernie w obrębie całej sieci. W szczycie popołudniowym ruch generują głównie abonenci mieszkaniowi, których zainteresowania obejmują całą sieć z nieustaloną bliżej przewagą central w pobliżu ich miejsca zamieszkania.

4. WNIOSKI

1. Znajomość rozplywu ruchu w sieci jest niezbędna do określenia liczby łączy w wiązkach międzycentralowych, liczby organów połączeniowych w centralach oraz do ustalania sposobu tandemowania ruchu.
2. Przy opisie rozplywu ruchu posługujemy się współczynnikami zainteresowania między centralami lub między grupami central (strefami numeracyjnymi). Rozróżnia się dwa rodzaje współczynników zainteresowania: bezwzględne współczynniki zainteresowania i zredukowane współczynniki zainteresowania. Posługiwanie się zredukowanymi współczynnikami zainteresowania jest wygodniejsze, gdyż współczynniki te zależą tylko od charakterystyk ruchowych tych central (lub grup cen-

tral), dla których są określone, nie zależą natomiast od charakterystyki ruchowej sieci jako całości, a ponadto praktycznie biorąc, przy niezmiennych pojemnościach tych central nie ulegają zmianom w miarę rozbudowy sieci.

3. Wartości współczynników zainteresowania między poszczególnymi centralami sieci oraz między grupami central zależą od odległości między tymi centralami lub grupami central, od powiązań między obsługiwanymi przez nie rejonami miasta oraz od struktury przyłączonych do nich abonentów.
4. Zależność współczynników zainteresowania od odległości w przypadku, gdy obszary poszczególnych central są wyraźnie od siebie oddzielone geograficznie, ma wyraźnie regularny charakter, zbliżony do wykładniczego. Daje się to zaobserwować w odniesieniu do współczynników zainteresowania między centralami strefy zewnętrznej węzłów telefonicznych lub między centralami sieci terytorialnych.
5. W sieciach wielkomijskich, gdzie obszary poszczególnych central nie są wyraźnie rozgraniczone, zależność współczynników zainteresowania od odległości staje się bardziej nieokreślona, jednak zawsze daje się zauważyć zmniejszenie się współczynników zainteresowania w miarę wzrostu odległości.
6. W sieciach istniejących współczynniki zainteresowania można określić na podstawie pomiarów i obserwa-

cji ruchu. W bardziej złożonych sieciach dokładne określenie wartości współczynników zainteresowania jest możliwe tylko przy zastosowaniu analizatorów ruchu.

7. W sieciach projektowanych współczynniki zainteresowania można zakładać na podstawie analogii z sieciami istniejącymi o zbliżonych odległościach między centralami, i podobnej strukturze abonentów.
8. Bardziej adekwatne przewidywanie rozplywu ruchu w sieciach projektowanych (albo rozbudowywanych) możliwe jest wówczas, gdy oprócz zainteresowań między centralami sieci uwzględnia się także zainteresowania między kategoriami abonentów. Metody tego rodzaju są jednak dopiero rozwijane.

WYKAZ LITERATURY

1. Kuhn S.: Zagadnienia ruchowe w telefonii automatycznej. Warszawa 1957, PWN.
2. Langer M.: Studien über Aufgaben der Fernsprechtechnik, Bd III, Wählerzahlberechnung. Berlin 1951, Verlag Technik.
3. Mohr E.: Verkehrsablauf-Messeinrichtung (VAM 63). Fernmelde-Praxis, (1967) t. 44 nr 22, s. 861-877.
(Polski przekład: Przekłady Telekomunikacyjnej Literatury Zagranicznej, Zeszyt 17, II, Warszawa 1968).

4. Wortmann H.: Ermitteln von Bemessungsgrundlagen für Fernmelde-netze durch Digitalrechners, Teil IV: Auswertung und Ergebnisse von Verkehrsablauf-Registrierungen. Fernmelde-Praxis (1969) t. 46 nr 7, s. 254-276 oraz nr 8 s. 291-310.
5. Pankratowa O.I., Pszenicznikow A.P.: Niekotoryje rezultaty analiza raspriedielenija potokow na moskowskoj gorodskoj tielefonomoj sieti. Elektroswiaż 1967 nr 1, s. 58-66.
6. Gedenidze G.S.: Zakonomiernosti raspriedielenija potokow telefonogo soobszczenija na wnutrizonowych sietiach. Elektroswiaż 1970 nr 5, s. 42-45.
7. Maksimow G.Z., Pszenicznikow A.P.: Tielefonnaja nagruzka miestnych sietiej swiazi. Moskwa 1969, Izdatielstwo "Swiaż".
8. Praca studialna. Określanie współczynników zainteresowania w układach wielocentralowych w oparciu o wyniki automatycznych pomiarów ruchu. Cz. II-B. Biuro Studiów i Projektów Łączności, Warszawa 1968 r.
9. Wytyczne techniczne projektowania telefonicznych automatycznych central miejscowych systemu Strowgera. Wyd. II znowelizowane. Ministerstwo Łączności, Biuro Studiów i Projektów Łączności, Warszawa 1968 r.
10. Rapp Y.: Calculation of traffic distributions in multiexchange networks. Ericsson Technics (1962) t. 18 nr 1, s. 3-34.
11. Ronault J.M.: Télétraffic. Editions Eyrolles, Paris 1970, ss. 343.

Рис. 1.

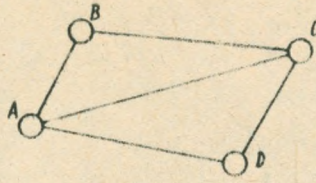


Рис. 2.

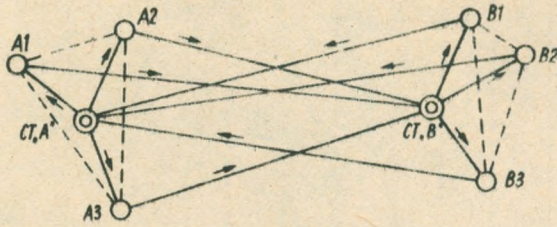


Рис. 3.

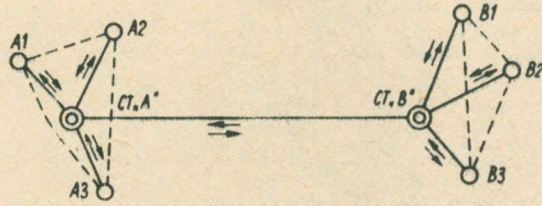
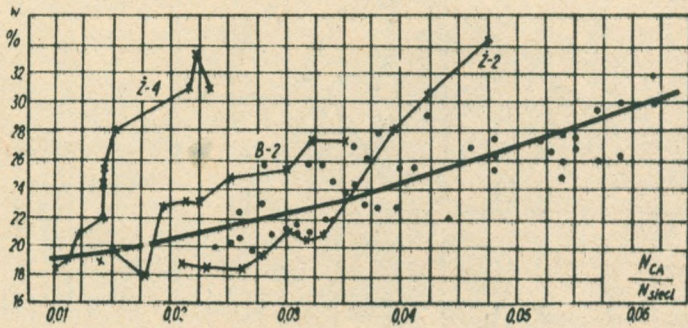


Рис. 4.



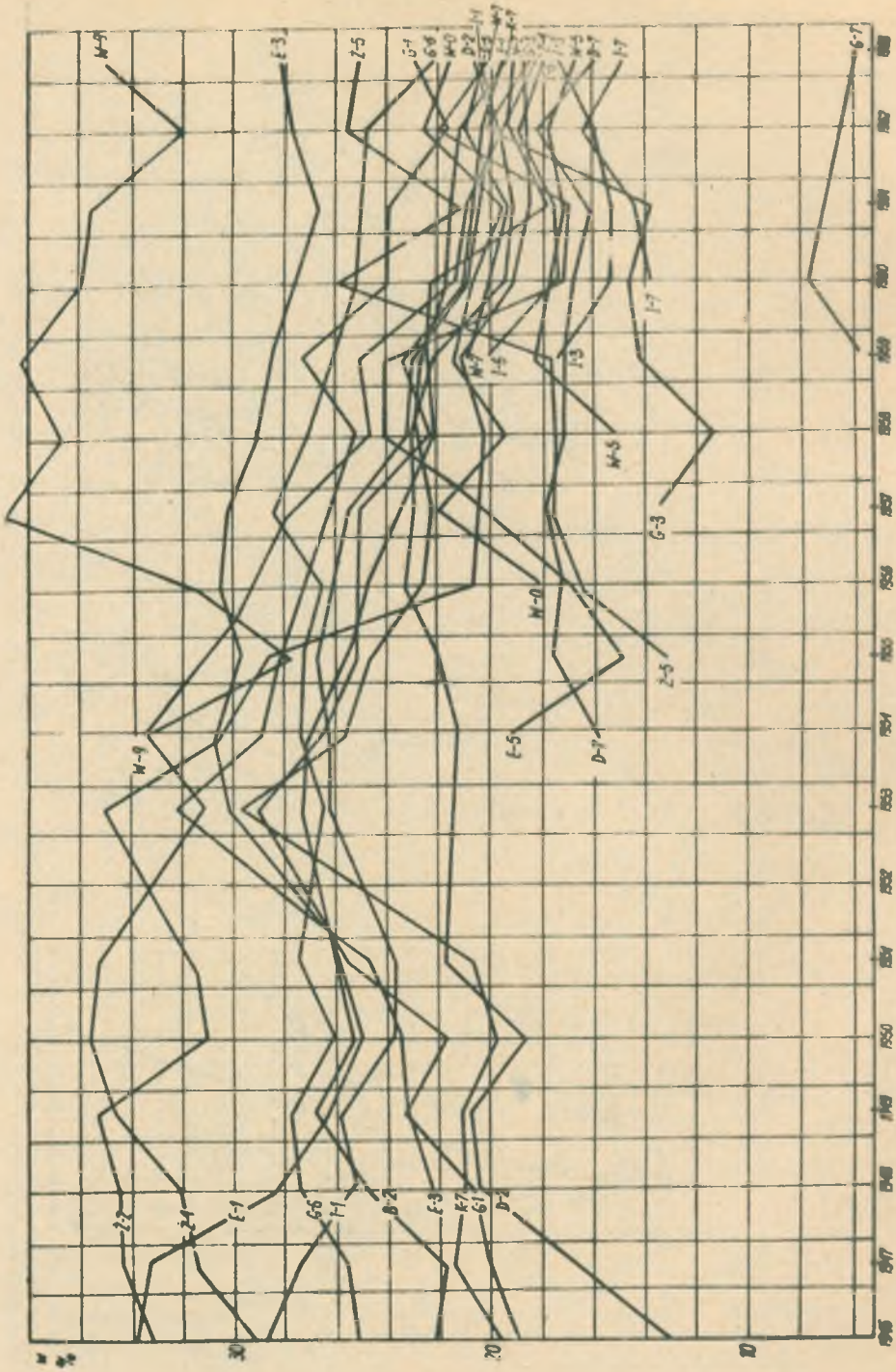
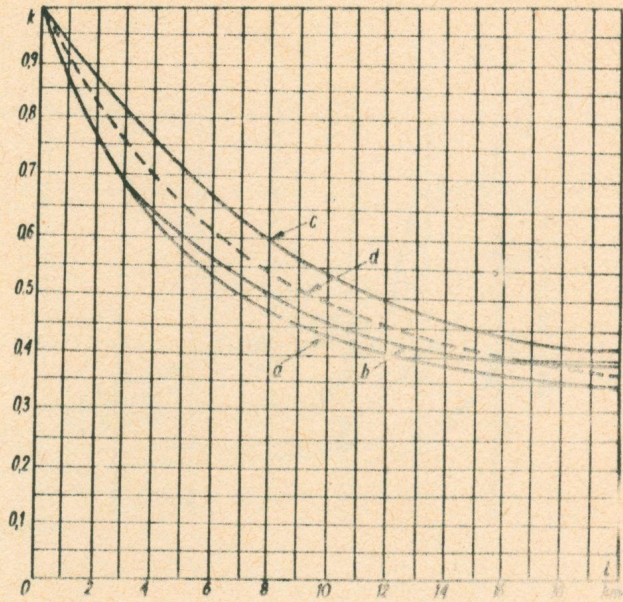
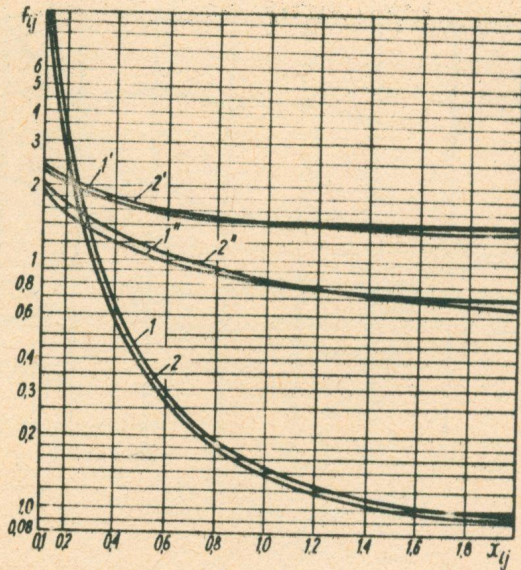


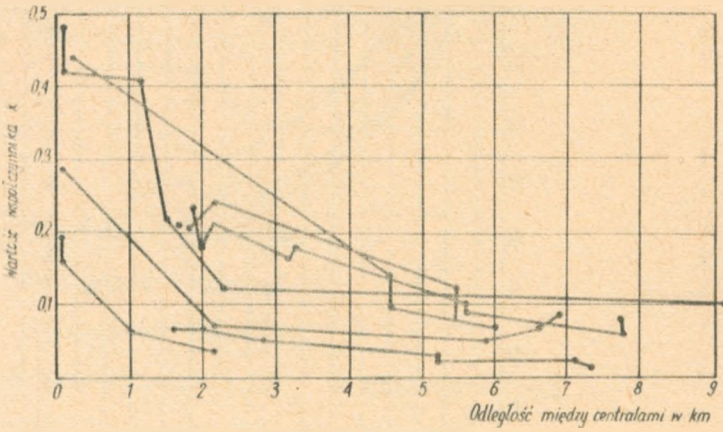
Fig. 5.



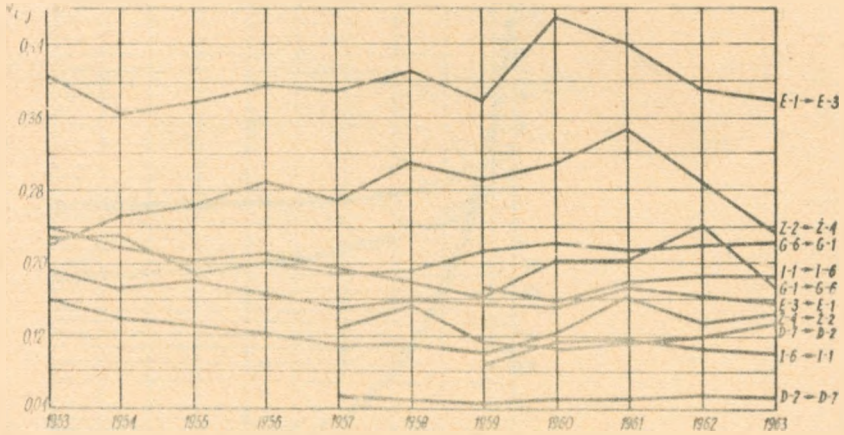
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.

