

1 9 7 0

Nr 46

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

Bib

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 10

WARSZAWA 1970

NR 46

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 218

Redaktor: J. Borkowska Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 720. Druk ukończono
w marcu 1970 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Jorzy Ganczewski

PROBLEMY PLANOWANIA WIELOLETNIEGO W TELEKOMUNIKACJI

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Technika planowania wieloletniego w telekomunikacji	1
1.1. Założenia planowania wieloletniego	1
1.2. Dane wyjściowe do planowania wieloletniego w telekomunikacji	6
1.3. Planowanie sieci telefonicznych	22
2. Ekonomiczne aspekty planowania wieloletniego w telekomunikacji	31
2.1. Długofalowe planowanie rozwoju a ekonomiczna efektywność nakładów inwestycyjnych w telekomunikacji	31
2.2. Etapowanie rozbudowy sieci telekomunikacyjnej	38

Jerzy Ganczewski

1. TECHNIKA PLANOWANIA WIELOLETNIEGO W TELEKOMUNIKACJI

1.1. Założenia planowania wieloletniego

Planowanie rozwoju jakiejkolwiek działalności produkcyjnej czy też usługowej wymaga rozeznania właściwości i perspektyw rozwojowych potrzeb społeczeństwa w tym zakresie. Dotyczy to zwłaszcza tych dziedzin gospodarki, w których instalowanie urządzeń technicznych zajmuje stosunkowo dużo czasu, a techniczna struktura produkcji towarów lub usług ma charakter małoelastyczny, tzn. trudno przystosowuje się do nieprzewidzianych zmian popytu.

Prawidłowe planowanie umożliwia harmonijną ciągłość działalności gospodarczej. Jest ono jednak skuteczne pod warunkiem, że odpowiednie plany będą opracowywane we właściwym czasie tak, aby można było bez zbytecznego pośpiechu przygotować rytmiczną realizację zamierzonych zadań inwestycyjnych lub ich odpowiednich etapów, eliminując w ten sposób rozwiązania prowizoryczne i niekompletne, ekonomicznie nieefektywne i w ostatecznym rozliczeniu zbyt kosztowne.

Niezależnie od dziedziny, dla której konstruuje się plany rozwojowe, w każdym przypadku najważniejszym zagadnieniem jest określenie przemian, jakim będzie ona podlegała.

W procesie planowania należy dążyć do znalezienia rozsądnego kompromisu pomiędzy możliwościami limitowanymi

zasadniczo przez ograniczone środki inwestycyjne (techniczne, a częściej nawet finansowe) a istniejącymi potrzebami w zakresie ilościowego i jakościowego zaspokojenia potrzeb społeczeństwa.

Z uwagi na techniczno-ekonomiczną specyfikę sieci telekomunikacyjnej, złożoność tej sieci z punktu widzenia zastosowanej w niej techniki, jak i złożoność sieci jako przedmiotu badań ekonomicznych^{x)}, planowanie w telekomunikacji nie powinno być domeną tylko techników. Nie powinno opierać się ono również jedynie na przesłankach czysto technicznych. We wszelkich planach rozwojowych jako równorzędne obok kryteriów technicznych muszą być przyjęte odpowiednie kryteria ekonomiczne. Pierwsze z nich dotyczą bowiem tylko zagadnień związanych z koniecznością zapewnienia warunków technicznych współpracy nowych urządzeń z istniejącą siecią, podczas gdy od drugich zależy opłacalność zastosowanych urządzeń, a w wielu przypadkach - zwłaszcza przy ograniczonych funduszach - powodzenie całości przedsięwzięcia i pomyślny rozwój całej sieci.

Z uwagi na sieciowy charakter telekomunikacji i wiążące się z tym ściśle powiązanie i współzależność poszczególnych elementów sieci telekomunikacyjnej planowanie w telekomunikacji musi mieć charakter kompleksowy, tzn. musi obejmować wszystkie elementy sieci konieczne do jej

x) J. Broszkiewicz, S. Włoszczowski: Specyfika sieci telekomunikacyjnej jako przedmiotu badań ekonomicznych. Problemy Łączności, IŁ, Warszawa 1969, nr 35.

prawidłowego funkcjonowania. Zasięg tej kompleksowości w zastosowaniu do telekomunikacji różni się przy tym zasadniczo od tego pojęcia w innych gałęziach gospodarki narodowej, co się wiąże z sieciowym charakterem telekomunikacji.

Kompleks produkcyjny usług telekomunikacji, np. w przypadku Polski, składa się z kilku tysięcy central telefonicznych miejscowych i międzymiastowych, telegraficznych i teleksowych, przeszło miliona aparatów przetwórczych (telefonicznych, telegraficznych itp.) oraz dziesiątków tysięcy kilometrów linii teletransmisyjnych. Świadczenie usług w przypadku telekomunikacji nie byłoby możliwe bez wzajemnego powiązania wszystkich tych urządzeń w jedną sieć, przy czym nie należy zapominać, że sieć krajowa jest tylko elementem sieci międzynarodowej.

Przy realizacji każdej usługi w zakresie przekazywania informacji środkami łączności elektrycznej współuczestniczą liczne, rozmieszczone na terytorium całego kraju ogniwa, których liczba może być bardzo różna w zależności od rodzaju i charakteru usługi telekomunikacyjnej. Już z samej więc istoty działalności produkcyjnej usług telekomunikacyjnych wynika zasada jedności działania oraz wzajemnego powiązania wszystkich urządzeń telekomunikacyjnych. Tak więc, z uwagi na sieciowy charakter telekomunikacji nie można żadnych decyzji dotyczących rozbudowy urządzeń telekomunikacyjnych podejmować bez bliższego zbadania, czy dane przedsięwzięcie jest celowe i możliwe do zrealizowania ze względu na

aktualny stan sieci i wpływ, jaki ono wywrze na pozostałe jej elementy (a w rezultacie na przepustowość linii teletransmisyjnych, zajętość central itp.).

Trzeba wziąć również pod uwagę, że istniejąca sieć telekomunikacyjna budowana jest od kilkadziesiątu lat. Wiele z urządzeń telekomunikacyjnych charakteryzuje się wieloletnim okresem eksploatacji, tak że obecna struktura wieku urządzeń sieci jest bardzo zróżnicowana. Jednocześnie należy uwzględnić postęp techniczny, szczególnie szybki w dziedzinie łączności elektrycznej.

Wszystkie powyższe czynniki stawiają nas przed złożonym problemem. Z jednej strony istnieją zupełnie jeszcze sprawne technicznie urządzenia telekomunikacyjne, z drugiej zaś powstają nowe, wydajniejsze urządzenia, pracujące na zupełnie innych zasadach i nie mogące bezpośrednio współpracować ze starymi. Względy ekonomiczne przejawiające się w znacznej wartości zainwestowanych nakładów w urządzeniach starych i duży koszt urządzeń nowych nie pozwalają na szybką i całkowitą przebudowę sieci. Tymczasem tempo wzrostu zapotrzebowania na usługi łączności elektrycznej narzuca konieczność stosowania bardziej wydajnych urządzeń. Pozostaje więc jedynie możliwość rozszerzenia skali usług drogą stopniowego wprowadzania nowej techniki, co pociąga za sobą często konieczność stosowania pewnych dodatkowych urządzeń umożliwiających współpracę starych i nowych systemów. Każda decyzja co do wyboru takiego czy innego systemu urządzeń nie jest więc w sieci telekomunikacyjnej oderwana lecz rzutuje na technikę i kierunki rozbudowy telekomunikacji w przyszłości.

Jak z tego widzimy, nie jest możliwe planowanie rozbudowy elementów czy też wycinków sieci telekomunikacyjnej niezależnie, w oderwaniu od całości, natomiast plany inwestycyjne poszczególnych obiektów telekomunikacyjnych powinny wynikać z centralnie ujętego krajowego planu rozwoju telekomunikacji.

Zasadniczym celem planowania długoletniego w telekomunikacji jest zatem stwarzanie podstaw dla stopniowego, harmonijnego rozwoju sieci telekomunikacyjnej, odpowiadającego rosnącym w tym zakresie potrzebom gospodarki narodowej.

W Polsce, z uwagi na horyzont czasowy, rozróżnia się generalnie trzy rodzaje planów: plany perspektywiczne, plany wieloletnie oraz roczne plany gospodarcze.

Dla planów perspektywicznych w Polsce przyjęto, tak jak i w innych krajach socjalistycznych, horyzont czasu 20 lat. Plany wieloletnie obejmują w Polsce okresy 5-letnie.

Z uwagi na specyfikę telekomunikacji w większości krajów zaleca się znaczne zróżnicowanie horyzontu czasowego poszczególnych planów. Ze względu na ogromną wagę zagadnienia podziału kraju na strefy numeracyjne oraz na silne jego oddziaływania na parametry ekonomiczne rozwiązań sieci za ekonomicznie uzasadniony okres planowania podziału numeracyjnego kraju przyjmuje się 50 lat. Krótszy okres planu przyjmuje się w zakresie wyposażenia sieci, a mianowicie 15-30 lat, zależnie od przewidywanego okresu eksploatacji planowanego wyposażenia. Planu tego typu określa się jako plany wieloletnie (long

-term planning). Plany obejmujące okres realizacji inwestycji do 5 lat określa się za granicą jako plany krótkookresowe (short-term planning).

Oczywiście podstawową zasadą dla obydwu ostatnich rodzajów planu jest, że wszelkie decyzje podejmowane w ramach planu krótkoterminowego muszą być zgodne z wytycznymi planu wieloletniego, zadaniem zaś planu wieloletniego w stosunku do krótkoterminowego jest dostarczenie danych niezbędnych dla zapewnienia, że podejmowane decyzje w ramach planów krótkookresowych są decyzjami optymalnymi.

W artykule niniejszym, jeśli chodzi o metodologię planowania, ograniczono się do omówienia zagadnień związanych z planowaniem wieloletnim w ścisłym tego słowa znaczeniu, określanym za granicą jako "long-term planning".

1.2. Dane wyjściowe do planowania wieloletniego w telekomunikacji

Do zasadniczych danych, które muszą być uwzględnione w planach wieloletnich telekomunikacji należy zaliczyć: lokalizację central, granice obszaru obsługiwanego przez poszczególne centrale, liczbę abonentów dla każdej centrali, sieci linii kablowych międzycentralowych oraz magistralnych wraz z kanalizacją, plan transmisji, typy kabli, ruch między poszczególnymi centralami, podział na obszary obsługi central tandemowych i ustalenie dróg rozplywu ruchu, typy i liczby łączy między łączonymi punktami.

Studia w tym zakresie muszą być oparte na prognozach zmian gęstości abonentów wewnątrz poszczególnych obszarów central, przewidywaniu zmian ruchu w obszarze poszczególnych central, sieci miejscowej oraz ruchu między centralami. Konieczne są do tego typu studiów również elementy kosztowe (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacyjne różnego rodzaju urządzeń, łączny naturalnych, nośnych itp.).

Punktem wyjścia planowania sieci telekomunikacyjnej powinien być podział kraju na strefy numeracyjne. Do dokonania takiego podziału konieczne jest przeprowadzenie badań nad wzajemnymi ciążeniami poszczególnych obszarów, umożliwiających określenie koniecznych wielkości wiązek łączy między poszczególnymi centralami telefonicznymi, liczby cyfr numeracji telefonicznej w rozmowach wewnątrzstrefowych oraz połączeń wychodzących poza daną strefę numeracyjną. Ważnym zadaniem jest zbadanie istniejącej sieci linii międzycentralowych i miejscowych oraz ustalenie możliwości wykorzystania tych linii w związku z planowaną rekonstrukcją sieci. Konieczne jest również uwzględnienie warunków technicznych wynikających z odpowiedniego planu transmisji. Oczywiście wszystkie wymienione wyżej czynniki natury geograficzno-gospodarczej i technicznej muszą być rozpatrywane przez pryzmat kryteriów ekonomicznych, przy czym naczelnym kryterium jest maksymalizacja ekonomicznej efektywności sieci, przez co należy rozumieć dążenie do możliwie najniższych kosztów na zbudowanie sieci i jej późniejszą eksploatację.

Uwzględnienie w procesie planowania kryteriów ekonomicznych nie może się ograniczać jedynie do obliczenia określonego wskaźnika efektywności dla danego planu, gdyż działanie takie miałyby się z zasadniczym celem badania efektywności. Celem badań ekonomicznej efektywności jest bowiem poszukiwanie rozwiązań optymalnych z ekonomicznego punktu widzenia, które można znaleźć jedynie na drodze porównania odpowiednich, zróżnicowanych wariantów inwestycyjnych. Tak więc już w trakcie planowania podziału kraju na strefy numeracyjne konieczne jest przeprowadzenie badań wielowariantowych. Przyjęcie bowiem określonego podziału kraju na strefy numeracyjne determinuje w znacznym stopniu technikę stosowaną na poszczególnych szczeblach sieci, a przez to ogranicza możliwości poszukiwań optymalnych rozwiązań.

Aby móc przystąpić do samej operacji planowania, konieczne jest - obok dokładnej znajomości urządzeń pracujących w ramach istniejącej już sieci - przeprowadzenie odpowiednich prognoz rozwojowych oraz zebranie informacji na temat jednostkowych nakładów inwestycyjnych dla przyszłych urządzeń i wyposażenia przewidywanego do zastosowania w sieci, normatywnych okresów eksploatacji tych urządzeń, kosztów ich eksploatacji, dopuszczalnych strat ruchu oraz planu transmisji i sygnalizacji. Bardzo ważnym momentem jest również przyjęcie odpowiednich kryteriów i metod ekonomicznej oceny rozwiązań technicznych ujętych w planie.

Jeśli chodzi o prognozowanie jest to czynność stosunkowo trudna, a wynik jej jest zawsze dyskusyjny. Mając

jednak pewne doświadczenie i odpowiednie materiały statystyczne oraz operując właściwymi metodami, można osiągnąć w tej dziedzinie zadowalające rezultaty. Koszt prowadzenia prognoz rozwojowych jest zazwyczaj nieporównywalnie mały w stosunku do korzyści uzyskiwanych w wyniku wykorzystania ich w planowaniu. Przy ocenie wyników prognozowania ważne jest, w jakiej skali jest ono dokonywane. Łatwiejsze i jednocześnie pewniejsze są wyniki prognozowania rozwoju w zakresie dużych zbiorowości.

W planowaniu wieloletnim w telekomunikacji zachodzi w zasadzie konieczność prognozowania dwóch zjawisk: dynamiki liczby abonentów oraz dynamiki ruchu.

Jeśli chodzi o estymację liczby oraz rozmieszczenie abonentów w sieci, to można ją przeprowadzać w trzech etapach:

W pierwszym etapie należy przeprowadzić estymację ogólnej liczby abonentów w sieci. Szacunki takie można dokonać dla całego kraju lub też tylko dla pewnej ograniczonej zbiorowości. Potrzebne są do tego dane statystyczne dotyczące ogólnego wzrostu gospodarczego kraju oraz liczby abonentów. Wychodząc z założenia, że odpowiedni przyrost popytu na usługi, np. telefoniczne (abonent), jest proporcjonalny do odpowiedniego przyrostu wskaźników rozwoju gospodarczego, przyszły popyt na usługi możemy określić za pomocą następującego wzoru ¹⁾:

¹⁾ Y. Rapp - Some economic aspects of long-term planning of telephone networks. Part I - Ericsson Review 1968 V. 42, No 2.

$$\log Q = C_0 + C \cdot \log Y,$$

gdzie:

Q - przyszły popyt na daną usługę,

Y - wielkość miernika rozwoju gospodarczego kraju oszacowana drogą ekstrapolacji (dochód narodowy, zużycie energii elektrycznej itp.),

C_0, C - stałe określane na podstawie regresji szeregu chronologicznego.

W drugim etapie należy przeprowadzić estymację rozkładu abonentów w płaszczyźnie sieci. Dla sieci miejscowej estymacja ta oparta jest na dokładnych analizach konfiguracji sieci, przestrzennego rozkładu w niej abonentów oraz struktury rodzajowej abonentów.

Łącząc w trzecim etapie uzyskane w obu poprzednich etapach wyniki, uzyskujemy ostateczne informacje co do przyszłej gęstości abonentów w sieci telefonicznej.

W analogiczny sposób możemy przeprowadzić obliczenia szacunkowe dotyczące ruchu w obrębie jednej centrali, jak również dla poszczególnych central ruchu wychodzącego oraz przychodzącego.

Jeśli chodzi o estymację przyszłego ruchu między centralami, to dokonuje się jej w odmienny sposób. Przykłady takich rozwiązań zaprezentowano poniżej¹⁾.

¹⁾Y. Rapp - Some economic aspects of long-term planning of telephone networks. Part I - Ericsson Review 1968 V. 42, No 2.

Jeden ze sposobów rozwiązywania tego problemu zakłada, że suma ruchu pomiędzy pojedynczym abonentem centrali k a wszystkimi abonentami centrali l oraz suma ruchu od wszystkich abonentów centrali k do jednego z abonentów centrali l jest stała. Wychodząc z tego założenia, przyszły poziom ruchu pomiędzy centralą k i l wyniesie:

$$A_{kl} = A_{kl}^0 \cdot \frac{N_k \cdot \frac{N_l}{N_l^0} + N_l \cdot \frac{N_k}{N_k^0}}{N_k + N_l},$$

gdzie:

A_{kl} - przewidywany poziom ruchu między centralą k i l,

N_k^0, N_l^0 - obecna liczba abonentów na obszarach central k i l,

N_k, N_l - przyszła liczba abonentów w centralach k i l.

Inna metoda określania przyszłego ruchu między centralami zakłada, że ruch wychodzący od abonenta centrali k do abonenta w centrali l będzie zmieniał się w miarę wzrostu ogólnej liczby abonentów, co pozwala na określenie przyszłego ruchu pomiędzy centralami A_{kl} za pomocą następującego wyrażenia:

$$A_{kl} = \frac{A_{kl}^0}{N_k^0 \cdot N_l^0} \cdot N_k \cdot N_l \cdot \frac{M^0}{M},$$

gdzie:

M^0 - obecna liczba abonentów całej sieci,

M - przyszła liczba abonentów całej sieci.

Konsekwencją przyjętych założeń w przypadku pierwszej z zaprezentowanych metod estymacji ruchu międzycentralowego jest to, że ruch w przeliczeniu na jednego abonenta jest stały, niezależnie od wzrostu liczby abonentów.

W przypadku drugiej z zaprezentowanych metod ruch generowany przez poszczególnego abonenta ulega zmianom. Rośnie on u abonentów tych central, w których relatywny wzrost liczby abonentów jest wyższy niż ogólny (tzn. średni wzrost liczby abonentów w całej sieci). Szacowany tą metodą ruch generowany przez poszczególnego abonenta maleje, jeżeli relatywny przyrost abonentów w tej centrali jest niższy od średniego przyrostu abonentów w całej sieci.

Wymienione powyżej metody należy w miarę możliwości stosować do poszczególnych grup abonentów (np. instytucji, abonentów prywatnych itp.). W miarę posiadanych danych należy w tego typu obliczeniach uwzględniać również przyszłe zmiany stopnia intensywności rozwoju poszczególnych obszarów central.

We wszelkich pracach związanych z planowaniem rozbudowy sieci telefonicznej, zwłaszcza gdy zachodzi potrzeba oceny ekonomicznej efektywności poszczególnych rozwiązań, konieczny jest pewien zasób danych dotyczących nakładów inwestycyjnych na środki techniczne znaj-

dujące zastosowanie w tych sieciach, a więc: budynków, urządzeń komutacyjnych oraz teletransmisyjnych itp. Wszelkie kalkulacje kosztów oraz szczegółowe badania różnych możliwości zaspokojenia określonych potrzeb są w dużym stopniu ułatwione, jeżeli w rozważaniach operujemy nakładami jednostkowymi. Przykładem takich nakładów mogą być nakłady inwestycyjne rozliczane na 1 NN, 1 kmparę, 1 kmtrakt itp. Zazwyczaj wyrażone w ten sposób jednostkowe nakłady inwestycyjne ujmują obok samego kosztu urządzeń również nakłady wydatkowane na roboty budowlano-montażowe oraz nakłady towarzyszące.

Przykładowo nakład inwestycyjny na linię kablową możemy wyrazić w następującej formie:

$$I = a \cdot l + (b \cdot l + c) \cdot n,$$

gdzie:

- l - długość linii kablowej,
- n - liczba par w kablu,
- a - koszt układania kabla rozliczany na 1 km linii,
- b - nakłady na kabel rozliczane na 1 kmparę,
- c - koszty na zakończenie łącza, wzmacniacze, wyposażenie kanału itp.

Podobnie nakłady inwestycyjne na budowę kanalizacji kablowej o n otworach możemy wyrazić w sposób następujący:

$$I = (a + bn) \cdot l,$$

gdzie:

a - nakłady inwestycyjne wspólne na budowę kanalizacji (rozliczane na długość kanalizacji),

b - koszty uzależnione od liczby otworów kanalizacji (rozliczane na 1 otwór).

Nakład inwestycyjny na cały kabel lub kanalizację w sieci można konsekwentnie wyrazić następująco:

$$I = a \sum l + b \sum nl,$$

gdzie:

l - łączna długość kanalizacji w sieci,

nl - łączna liczba kmpar w sieci.

W przypadku sieci linii międzymiastowych przykładowo koszt linii kablowej można wyrazić w analogiczny sposób jak dla sieci miejscowych:

$$I = I_0 + al + cn,$$

gdzie:

I_0 - koszty wspólne zakończeń,

a - koszt kabla współosiowego i wzmacniaków na 1 km traktu,

c - koszt zakończeń pojedynczych łączy nośnych.

W przypadku rozważania zagadnień związanych z wyborem optymalnych obszarów central oraz wyborem liczby central w układach wielocentralowych bardzo ważnym ele-

mentem analizy jest określenie nakładu inwestycyjnego z uwzględnieniem podziału na nakłady niezależne od pojemności centrali oraz zmieniające się wraz ze wzrostem jej pojemności. Biorąc pod uwagę ten podział, nakłady na urządzenia komutacyjne I możemy wyrazić za pomocą następującego wzoru:

$$I = a + bn,$$

gdzie:

- a - nakłady niezależne od pojemności centrali
- b - nakłady konieczne do zwiększenia pojemności centrali o 1 NN,
- n - pojemność centrali w NN.

Wielkość parametrów stałych a i b uzależniona jest od systemu, w jakim pracują rozważane centrale.

Powyższe wyrażenie nakładów na urządzenia komutacyjne nie uwzględnia kosztów budynków central. Jeśli zachodzi potrzeba uwzględnienia tego elementu nakładów, tzn. pełnego wyrażenia nakładu na centrale telefoniczne, powyższą sumę kosztów na urządzenia komutacyjne należy powiększyć o nakłady na budynki.

Przy wprowadzeniu kalkulacji kosztów linii magistralnych w sieciach wielocentralowych przydatne jest ujęcie nakładów na 1 kmparę w następującej formie:

$$I = a_z + \frac{a + b}{N}$$

gdzie:

- a_g - nakłady na kable magistralne - niezależne zasadniczo od liczby par (na 1 km kabla),
- a_z - nakłady na kable magistralne - zależne od liczby par w kablach (na 1 kmparę),
- b - nakłady na 1 kmotwór kanalizacji kablowej,
- N - średnia liczba par w kablach sieci magistralnej.

Nakłady inwestycyjne stanowią zaledwie jeden z elementów koniecznych do rozpatrzenia przy planowaniu sieci. We wszelkich kalkulacjach, mających za zadanie wybranie najbardziej ekonomicznego wariantu spośród rozpatrywanych możliwości rozwiązań technicznych sieci, musimy koniecznie uwzględnić pozostałe zasadnicze czynniki wpływające na ekonomiczną ocenę rozwiązania. Do elementów tych należy zaliczyć: koszty eksploatacyjne poszczególnych wariantów inwestycji i ich okresy eksploatacji.

Aby umożliwić porównanie ekonomicznej efektywności różnych wariantów planowanych rozwiązań sieci oraz uzyskać odpowiedź, który z rozpatrywanych wariantów jest najkorzystniejszy, konieczne jest ujęcie oceny efektywności w formę rachunku ekonomicznego.

Istnieje wiele metod mniej lub bardziej dokładnych pozwalających na określenie ekonomicznej efektywności wariantów planowanych inwestycji oraz na wybranie spośród nich rozwiązań najekonomiczniejszych. Jeśli roz-

patrywać je z punktu widzenia formuły matematycznej użytej do oceny ekonomicznej efektywności inwestycji, to operują one zazwyczaj podobnymi ujęciami. Zasadnicze różnice między metodami badania efektywności inwestycji sprowadzają się do odmiennych parametrów lub raczej ich wielkości przyjmowanych w poszczególnych krajach (jak np. stopy procentowe), a często również do pewnej odmienności w ich interpretacji¹⁾.

Aktualnie w Polsce obowiązuje metodyka badania ekonomicznej efektywności inwestycji opracowana przez Komisję Planowania przy Radzie Ministrów w 1962 r., której resortowa wersja tej metodyki przystosowana w pewnym stopniu do potrzeb łączności została opublikowana w 1967 r. pt. "Instrukcja w sprawie metodyki badań ekonomicznych inwestycji łączności"²⁾.

Obowiązująca w Polsce metodyka badania ekonomicznej efektywności inwestycji wychodzi z założenia, że jeśli nakład inwestycyjny jednego wariantu wynosi I_1 i odpowiednio roczne koszty eksploatacyjne K_1 , a nakłady i koszty drugiego wariantu I_2 i K_2 , przy czym $I_1 > I_2$ oraz $K_1 < K_2$, to czas zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyj-

1) Zainteresowani różnymi ujęciami rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji telekomunikacji stosowanymi za granicą mogą znaleźć bliższe informacje na ten temat w opracowaniu A. Boglewskiego i J. Ganczewskiego: Przegląd metod badań ekonomicznych w telekomunikacji. Problemy łączności IŁ Warszawa 1969 Nr 36.

2) Ministerstwo Łączności - RUCH, Warszawa 1967.

nych dzięki obniżeniu kosztów wyniesie¹⁾:

$$T = \frac{I_1 - I_2}{K_2 - K_1}$$

Przekształcając powyższe wyrażenie oraz dzieląc obie strony przez T, uzyskujemy:

$$\frac{I_1}{T} + K_1 = \frac{I_2}{T} + K_2$$

Wyrażenie $\frac{I}{T} + K$ oznaczamy przez E. Spośród badanych wariantów inwestycyjnych, wariant charakteryzujący się najmniejszą wartością E będzie wariantem najkorzystniejszym. W powyższym wyrażeniu wielkość T określa czas, w jakim nastąpi zwrot dodatkowo poniesionego nakładu inwestycyjnego na obniżenie kosztów eksploatacyjnych z uzyskanych na tych kosztach oszczędności.

Odnosząc wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji - E do rocznej produkcji, uzyskujemy:

$$E = \frac{I \cdot \frac{1}{T} + K}{P}$$

gdzie:

P - roczna wielkość produkcji,

K - roczne koszty eksploatacyjne.

Przedstawiona powyżej formuła wyjściowa wzoru ekonomicznej efektywności inwestycji jest słuszna jedynie

¹⁾ Zakłada się równość efektów inwestycyjnych obu wariantów.

dla obiektów inwestycyjnych o okresie eksploatacji n_s ,
 tzw. okresie standartowym (w obowiązującej metodyce
 20 lat). Wzór ten można stosować do inwestycji o okre-
 sie eksploatacji różnym od n_s , uwzględniając odpowiedni
 współczynnik korygujący b . Współczynnik ten koryguje
 wpływ długości okresu eksploatacji na ekonomiczną efek-
 tywność wariantu inwestycyjnego, przy czym:

$$E = \left(\frac{I \cdot \frac{1}{T} + K}{P} \right) b \quad 1)$$

Wartość współczynnika b odczytuje się ze specjalnych ta-
 blic pomocniczych załączonych do Instrukcji w sprawie
 metodyki badań ekonomicznych inwestycji łączności.

Wzór wyjściowy na E można w zależności od potrzeb od-
 powiednio rozwijać. W przypadku jeśli zachodzi potrzeba
 uwzględnienia zamrożenia nakładów inwestycyjnych w fazie
 budowy inwestycji, wzór ten przyjmuje następującą po-
 stać:

$$E = \left[\frac{\frac{I}{T} (1 + q_z \cdot n_z) + K}{P} \right] b$$

gdzie:

q_z - współczynnik strat z tytułu zamrożenia,

1) W powołanej Instrukcji w tzw. wzorze syntetycznym
 wielkość nakładu inwestycyjnego uwzględniającego zamro-
 żenie nakładu w fazie budowy, dla odróżnienia od nakła-
 du nominalnego I , oznacza się J . Przybiera on wtedy po-
 stać:

$$E = \frac{\left(\frac{1}{T} J + K \right) \cdot b}{P}$$

n_z - średni okres zamrożenia.

W przypadku określania ekonomicznej efektywności inwestycji etapowanej należy ustalić średnie ważone E etapów poszczególnych wariantów inwestycyjnych, przy czym jako wagę przyjmuje się wielkość produkcji kolejnych etapów przy zachowaniu dyskontowania E poszczególnych etapów na pierwszy etap inwestycji. Łączny wskaźnik efektywności inwestycji etapowanej E_{etap} przyjmuje postać następującą:

$$E_{\text{etap}} = \frac{\sum_{k=1}^{k=w} E_k \left(\frac{1}{1+a} \right)^{T_k} \cdot P_k \cdot Z_{nk}}{\sum_{k=1}^{k=w} P_k Z_{nk} \cdot \left(\frac{1}{1+a} \right)^{T_k}}$$

gdzie:

- E_k - wskaźnik ekonomicznej efektywności kolejnych etapów,
- P_k - wielkość produkcji kolejnych etapów,
- Z_{nk} - współczynnik korygujący wielkość produkcji dla uzasadnionego ekonomicznie okresu trwania kolejnych etapów,
- T_k - okres między realizacją poszczególnych etapów ($t_1 = 0$),
- K - kolejny etap inwestycji.

Oznaczając $\left(\frac{1}{1+a}\right)^t = g_k$ ($g_1 = 1$) oraz stosunek współczynnika korygującego Z_{nk} etapu k do współczynnika korygującego etapu pierwszego Z_{n1} - symbolem z_k (wprowadzenie współczynnika z_k umożliwia zastosowanie tablic pomocniczych ułatwiających obliczanie) uzyskujemy ostateczną formę wzoru do badania efektywności ekonomicznej inwestycji etapowanych:

$$E_{\text{etap}} = \frac{\sum_{k=1}^{k=w} E_k \cdot P_k \cdot g_k \cdot z_k}{\sum_{k=1}^{k=w} P_k \cdot g_k \cdot z_k}$$

Ze względu na sieciowy charakter telekomunikacji zwłaszcza w procesie kompleksowego planowania sieci, a często również w przypadkach ustalania przyszłych rozwiązań technicznych poszczególnych jej elementów konieczne jest stosowanie rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji w ujęciu kombinatowym. Wskaźnik ekonomicznej efektywności w ujęciu kombinatowym przedstawia się następująco:

$$E_{\text{komb.}} = \sum_{i=1}^n E_{e_i} \cdot \frac{P_{k_i}}{P_i}$$

gdzie:

P_i - roczna, sprowadzona do stałej w całym okresie eksploatacji wielkość efektu użytkowego i -tej inwestycji wchodzącej w skład kombinatu,

- P_{k1} - roczna, sprowadzona do stałej w całym okresie eksploatacji wielkość części efektu użytkowego i-tej inwestycji, wchodzącego do efektu użytkowego całego kombinatu,
- E_{e1} - wskaźnik efektywności ekonomicznej i-tej inwestycji (etapowanej).

1.3. Planowanie sieci telefonicznych¹⁾

Jednym z zasadniczych momentów konstrukcji planów wieloletnich w telekomunikacji jest ustalenie uzasadnionej ekonomicznie wielkości obszaru, jaki powinna obsługiwać jedna centrala. Problem ten z uwagi na swoją złożoność jest stosunkowo trudny do rozwiązania. Optymalną wielkość obszaru wyznacza bowiem wiele czynników. Ogólnie czynniki te możemy podzielić na dwa rodzaje: czynniki ekonomiczne i techniczne. Jeśli rozpatrywać zagadnienie optymalizacji wielkości obszaru centrali telefonicznej z uwzględnieniem możliwie wszystkich czynników, to do grupy czynników kosztownych należy zaliczyć te elementy nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych, które możemy określić jako "stałe", tzn. niezależne zasadniczo od wielkości obszaru centrali, liczby abonen-

¹⁾ Ze względu na analogiczną technikę świadczenia poszczególnych usług telekomunikacyjnych poczynione w niniejszym artykule uwagi, dotyczące planowania wieloletniego telefonii, można z powodzeniem odnieść również do pozostałych usług telekomunikacyjnych.

tów itp. Oczywiście w rozliczeniu jednostkowym udział ich w kosztach jednostkowych będzie się zmieniał wraz ze zmianą liczby jednostek, na które dane koszty będziemy rozliczać.

Do grupy czynników technicznych oddziaływujących na wielkość optymalną obszaru należy zaliczyć takie parametry techniczne sieci, które narzucają przy określonych wielkościach obszaru centrali konkretne rozwiązania techniczne. Do technicznych czynników zaliczyć możemy głównie warunki wynikające z planu transmisji. Wymagania w zakresie tłumienności łączy oraz oporności pętli narzucają w miarę wydłużania się łączy konieczność stosowania torów o coraz większych przekrojach - oczywiście kosztowniejszych. Ostatecznie więc oddziaływanie tego czynnika przejawia się w zmianach wielkości kosztów.

Jeśli chodzi o sposób oddziaływania na wielkość obszaru centrali, czynniki te możemy podzielić na czynniki oddziaływujące w kierunku powiększania obszaru centrali lub w kierunku jego zmniejszenia. Do pierwszych należy zaliczyć nakłady inwestycyjne "stałe" urządzeń stacyjnych oraz urządzeń liniowych. Zwiększając bowiem obszary obsługi, zwiększa się liczba abonentów oraz łączy w wiązkach, dzięki czemu koszty stałe rozliczane są na większą liczbę jednoszek, a zatem jednostkowe koszty "stałe" są coraz mniejsze.

Zasadniczym natomiast czynnikiem limitującym powierzchnię obszaru obsługi centrali jest dopuszczalna tłumienność i oporność łączy wynikające z planu trans-

misji. Dla utrzymania tych parametrów w dopuszczalnych granicach w miarę wydłużania łączy należy stosować coraz większe przekroje żył w kablach, wskutek czego przyrost nakładów inwestycyjnych w stosunku do długości łączy ma charakter progresywny.

Omówione powyżej oddziaływanie poszczególnych grup czynników na wielkość obszaru centrali można przedstawić graficznie jako układ dwóch funkcji:

- funkcji wielkości nakładów stałych na urządzenia sieci w relacji do zmiennej wielkości obszaru obsługiwanego przez centralę - $K_{st}(S)$,

- funkcji wielkości nakładów na łącze w relacji do zmiennej wielkości obszaru centrali - $K_l(S)$.

Z zaprezentowanych na rys. 1¹⁾ wykresów wynika, że istnieje pewna ekonomicznie optymalna wielkość powierzchni obszaru central telefonicznych, dla których łączne nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne będą najniższe.

Jeśli dla uproszczenia pominiemy w rozważaniach koszty eksploatacyjne, rozwiązanie omówionego problemu możemy przeprowadzić w sposób następujący:

Jako jednostkę kalkulacyjną, w stosunku do której będziemy rozliczali wszelkie koszty w przypadku sieci miejscowej, przyjmiemy pojedynczego abonenta telefonicznego. Zadaniem naszym jest więc określenie warunków, w których koszty sieci rozliczone na jednego abonenta będą najniższe.

¹⁾ Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

Wychodząc z omówionej specyfikacji nakładów inwestycyjnych w sieciach miejscowych, koszty urządzeń liniowych przypadające na jednego abonenta K_1 możemy ująć w następującej formule:

$$K_1 = a + \alpha \cdot P,$$

gdzie:

- a - nakłady "stałe" na urządzenia liniowe (np. koszty ułożenia kabli) na jednego abonenta,
- α - współczynnik kątowy wysokości "zmiennych" nakładów inwestycyjnych (nakładów na pary kablowe) na 1 kmparę w funkcji wielkości obszaru centrali (długości łączy),
- P - liczba kmpar przypadająca średnio na 1 abonenta w sieci.

Przyjmując, że:

$$\alpha = \gamma \cdot q,$$

gdzie:

- q - średni przekrój żył w kablach sieci linii abonenckich,
- γ - współczynnik charakteryzujący zależność wielkości kosztu zmiennych na 1 kmparę od przekroju żył kablowych,

możemy wzór na koszty urządzeń liniowych abonenta zapisać w postaci:

$$K_1 = a + \gamma \cdot q \cdot P$$

Jeśli rzeczywista odległość od centrali do najbardziej odległego abonenta jest L razy dłuższa od drogi najkrótszej, to w tym przypadku - przy założeniu, że sieć ma kształt koła o promieniu R - rzeczywista długość łącza abonenckiego wyniesie $R \cdot L$ km. Ponieważ w świetle przyjętego planu transmisji i sygnalizacji zależność między przekrojem par a dopuszczalną długością łącza wynika z wyrażenia $d + \delta \cdot q$, gdzie:

d - dopuszczalna długość łącza o najniższej średnicy par,

δ - współczynnik kątowy wielkości przekroju żył kabli abonenckich w funkcji dopuszczalnej długości łącza (wynikający z planu transmisji),

maksymalna długość łącza wynosi:

$$LR = d + \delta \cdot q$$

Podstawiając powyższe wyrażenie do wzoru na koszty urządzeń liniowych jednego abonenta, otrzymamy:

$$K_1 = \gamma \cdot \frac{(L \cdot R - d)}{\delta} \cdot P.$$

Dla obszaru centrali w kształcie koła o promieniu R i o równomiernej gęstości abonentów na całym jej obszarze ogólną liczbę k_{mpar} abonenckich możemy wyrazić następująco:

$$\frac{2}{3} \pi \cdot S \cdot W \cdot R^3,$$

gdzie:

S - gęstość abonentów w sieci,

W - współczynnik średniego wydłużenia drogi kablowej do drogi promieniowej (najkrótszej) abonentów sieci.

Przy ogólnej liczbie $\pi R^2 S$ abonentów całej sieci liczba pracujących kmpar na abonenta wyniesie:

$$\frac{2 \pi \cdot S \cdot W \cdot R^3}{3 \pi R^2 S} = \frac{2}{3} WR,$$

a przy średniej zajętości kabli równej z w rzeczywistości średnio na 1 abonenta przypada P kmpar:

$$P = \frac{2}{3} WR \cdot \frac{100}{z} = \frac{200 WR}{3z}$$

Rozwijając wzór na koszty urządzeń liniowych jednego abonenta, otrzymujemy:

$$K_1 = \gamma \frac{(LR-d)}{\delta} \cdot \frac{200 WR}{3z}$$

Uzupełniając koszty liniowe jednego abonenta kosztami budynków central telefonicznych oraz urządzeń wspólnych (tj. nakładem inwestycyjnym "stałym" central) K_s :

$$K_s = \frac{b}{R^2 S}$$

gdzie:

b - nakłady inwestycyjne budynków oraz wspólnego wyposażenia central, które mają charakter stały w danym układzie

oraz kosztami linii międzycentralowych, związanymi głównie z układaniem kabli - również o charakterze stałym

K_m :

$$K_m = \frac{c}{R^2 S},$$

gdzie:

c - nakłady inwestycyjne wydatkowane na układanie kabli międzycentralowych i międzymiastowych (stałe),

otrzymamy łączną sumę interesujących nas kosztów w rozliczeniu na 1 abonenta:

$$K_t = K_l + K_s + K_m,$$

czyli:

$$K_t = \gamma \frac{(LR-d)}{\delta} \cdot 200 \frac{WR}{3z} + \frac{b}{R^2 S} + \frac{c}{R^2 S}$$

przy czym koszt ten osiągnie minimum, gdy:

$$\frac{dK_t}{dR} = 100 W \gamma \frac{(2LR-d)}{3z \delta} - \frac{(b+c)}{R^3 S} = 0$$

Jak widzimy, poza warunkami wynikającymi z planu transmisji i elementów kosztowych na ekonomicznie optymalną wielkość promienia obsługi decydująco wpływa gęstość abonentów w sieci (S).

W powyższych rozważaniach poczyniono szereg założeń upraszczających. Tak więc założono, że gęstość abonentów w sieci jest na całym obszarze jednakowa, obszar

centrali ma kształt okręgu, pominięto koszty eksploatacyjne, nie uwzględniono struktury czasowej inwestycji (etapowania rozbudowy) zakładając, że wszystkie poniesione nakłady wydatkowane są w tym samym momencie oraz że nie występuje zamrożenie nakładów inwestycyjnych. Przy praktycznym więc wykorzystaniu przedstawionych rozważań konieczne jest wprowadzenie szeregu dodatkowych parametrów uwzględniających występujące w rzeczywistości odchylenie od przyjętych założeń. Z uwagi na duże zróżnicowanie wielkości tych parametrów, dla potrzeb planowania sieci można przy tym przeprowadzić badania na statystycznych modelach sieci odzwierciedlających pewne typowe warunki sieci rzeczywistych. Można również dla potrzeb projektowania sieci, zakładając stałość jednych parametrów a zmienność innych, przeprowadzić badania w zakresie zależności wielkości kosztów sieci od poszczególnych parametrów.

W ten sposób, np. w modelu sieci dla której poczyniliśmy powyższe rozważania, możemy ustalić optymalny promień działania centrali. Zakładając więc stałość gęstości abonentów S_1 , możemy ustalić zmiany kosztu sieci w zależności od jej promienia R . Rozważania te można powtórzyć kolejno dla innej gęstości abonentów od $S_2 > S_1$ do S_n . Jak wiadomo, dla każdej założonej gęstości abonentów uzyskamy pewną wielkość optymalną promienia, przy której koszt sieci będzie najniższy (rys. 2).

Odkładając na rys. 3 w układach współrzędnych o ośiach $OY - R$ (w km) i OX gęstość abonentów (abonent/km²) kolejne dla gęstości $S_1, S_2 \dots S_n$ z rys. 2 wartość R ,

przy których koszty sieci dla danych gęstości abonentów są najniższe, możemy wykreślić krzywą ekonomicznie optymalnego promienia obsługi w zależności od różnej gęstości abonentów w sieciach.

Podobna sytuacja jak w przedstawionym powyżej przykładzie dotyczącym ustalenia optymalnego obszaru (promienia) obsługi centrali telefonicznej, występuje przy określaniu liczby, lokalizacji oraz granic poszczególnych central pracujących w układach wielocentralowych.

W przypadku małej liczby central obszary poszczególnych central są duże, a koszty sieci linii abonenckich wysokie. Koszty natomiast budynków oraz wspólnego wyposażenia komutacyjnego oraz koszty stałe sieci międzycentralowej odpowiednio mniejsze.

W miarę wzrostu liczby central koszty budynków oraz inne koszty wspólne będą rosły, natomiast koszty sieci abonenckiej będą malały. Oczywiście również i w tym przypadku suma kosztów sieci abonenckiej międzycentralowej oraz urządzeń komutacyjnych przy pewnej określonej strukturze osiąga minimum.

W analogiczny więc sposób należy dążyć do określenia warunków, przy których koszty sieci są najniższe. Konieczne jest również uwzględnienie w rozważaniach dynamiki sieci, a więc przewidywanych zmian, jakie w zakresie struktury sieci zajdą w okresie ujmowanym w planowaniu. Informacje te są niezbędne dla określenia miejsca optymalnej lokalizacji pojedynczej centrali, liczby, lokalizacji oraz granic obszaru poszczególnych central w układach wielocentralowych, momentu instalowania no-

wej centrali oraz wiązek łączy między przyszłymi i istniejącymi centralami.

Powyższe rozważania problematyki planów wieloletnich w telekomunikacji dotyczyły zasadniczo sieci miejscowych i w pewnych tylko przypadkach nawiązywały do sieci międzymiastowych. Większość jednak z omawianych zagadnień - oczywiście w różnym stopniu - jest aktualna również w odniesieniu do sieci międzymiastowej.

W przypadku planowania sieci międzymiastowej zasadniczym problemem jest określenie sposobu realizacji między poszczególnymi punktami sieci przewidywanych wielkości wiązek łączy. Ze względu na znaczne zróżnicowanie parametrów techniczno-ekonomicznych urządzeń teletransmisyjnych, służących do realizacji wiązek łączy, zasadniczym zadaniem w tym przypadku jest ustalenie takiej konfiguracji sieci łączy, wielkości wiązek w poszczególnych relacjach oraz dobranie odpowiednich do ich realizacji środków technicznych, aby w skali całej sieci uzyskać możliwie najmniejszą sumę kosztów.

2. EKONOMICZNE ASPEKTY PLANOWANIA WIELOLETNIEGO W TELEKOMUNIKACJI

2.1. Długofalowe planowanie rozwoju a ekonomiczna efektywność nakładów inwestycyjnych w telekomunikacji

Pamiętamy, że celem rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji na określonym szczeblu administracji gospodarczej nie jest określenie gdzie inwestować, lecz jak inwestować. Natomiast decyzja, jaki obiekt inwestycyjny

budować należy już do zakresu polityki gospodarczej, w której rzecz jasna uzasadniona jest również określonymi względami o charakterze makroekonomicznym.

Badanie ekonomicznej efektywności przeprowadza się więc w przypadku planowania telekomunikacji w odniesieniu do konkretnego ustalonego przedsięwzięcia. W przypadku sieci teletransmisyjnej badania będą więc dotyczyły np. rozwiązań technicznych pewnej relacji czy określonego układu sieci, przy czym moce usługowe każdego przedsięwzięcia są w zasadzie ściśle określone i wynikają z założonych w wieloletnich planach telekomunikacji wskaźników rozwojowych.

W przypadku więc badania ekonomicznej efektywności wariantów planów rozwojowych telekomunikacji nie wchodzi w grę żadna spekulacja w zakresie zwiększenia lub zmniejszenia wielkości efektów inwestycyjnych w celu zmiany efektywności wariantu. Wynika to ze specyfiki efektów inwestycyjnych telekomunikacji. Efekty inwestycji telekomunikacyjnych odróżniają się nawet od pozornie podobnych efektów sieci elektroenergetycznej, w której powiązania przestrzenne mają charakter tego, co w teorii lokalizacji określa się ciężeniami. W sieci telekomunikacyjnej bowiem występujące w czasie wykonywania usług powiązania przestrzenne są ściśle określone lokalizacją zainteresowanych realizacją usługi telekomunikacyjnej, przy czym z reguły nie są to powiązania trwałe. W przypadku więc telekomunikacji nie może być mowy np. o minimalizacji dróg przesyłania informacji analogicznie jak w przypadku elektroenergetyki. W tele-

komunikacji nie można również dokonywać "manewrów" mocą usługową poszczególnych relacji czy urządzeń, jak to ma miejsce w porównywanej już energetyce czy nawet przemyśle. Można więc stwierdzić, że sieć telekomunikacyjna w porównaniu z innymi działami gospodarki w zakresie przystosowania się do zmieniającego się zapotrzebowania jest nieelastyczna. Określenie koniecznych mocy usługowych sieci stanowi więc najistotniejszy problem w planach rozwoju i rozbudowy sieci telekomunikacyjnej.

W odróżnieniu od większości inwestycji w innych działach gospodarki, inwestycje telekomunikacyjne są typowo rozwojowe, tzn. że nie buduje się ich dla osiągnięcia w określonym czasie po rozruchu od razu pełnej założonej mocy usługowej, lecz moc ich wzrasta stopniowo w miarę wzrostu potrzeb. Niewątpliwie czynnikiem determinującym w znacznym stopniu moce usługowe inwestycji telekomunikacji, jak i zmiany ich w danej relacji czy całej sieci jest zapotrzebowanie na usługi. Nie jest to jednak jedyny czynnik określający tempo rozwoju poszczególnych usług. Przykładem może być sieć miejscowa, której tempo rozbudowy jest obecnie w większości miast w Polsce dwukrotnie niższe aniżeli dynamika przyrostu zapotrzebowania. Należy więc podkreślić, że od strony podaży usług telekomunikacyjnych mamy do czynienia z dodatkowymi czynnikami ogromnej wagi: środkami inwestycyjnymi, mocą produkcyjną przemysłu i mocą przedsiębiorstw budowlano-montażowych. Wszelkie plany określające przyszłe moce usługowe inwestycji telekomunikacji i ich rozbudowę muszą bezwzględnie brać pod uwagę wszystkie te elementy.

Trzeba pamiętać, że telekomunikacja jest układem sieciowym i zakres wykorzystania poszczególnych jej elementów wiąże się ściśle ze stanem całej sieci. Brak jednego elementu w sieci lub tzw. "wąskie gardło" (np. za mała przepustowość) ogranicza stopień wykorzystania mocy usługowej pozostałych elementów sieci poniżej ich potencjalnych możliwości. Zakładaną w projektach moc usługową, czyli efekt inwestycyjny telekomunikacji, osiągnie się pod warunkiem, że wszystkie współpracujące z tą inwestycją elementy będą rozbudowywane zgodnie z planem. Niedotrzymanie tego warunku wpływa negatywnie na efektywność inwestycji w telekomunikacji.

Rachunek efektywności inwestycji stosowany w planowaniu wieloletnim telekomunikacji jest rachunkiem wybierającym w przyszłość. Wybrany przy jego pomocy najkorzystniejszy wariant inwestycyjny okazać się może nieopłacalny, jeżeli decyzje podejmowane w latach następnych odbiegają od założeń przyjętych w pierwotnych planach. Nie chodzi tu o zmiany planów wynikające ze stopniowych zmian zapotrzebowania na usługi. Chodzi tu głównie o nie zawsze obiektywnie uzasadnione zmiany kierunków inwestowania i o decyzje, które zmuszają do wprowadzania w późniejszych planach inwestycyjnych niekorzystnych rozwiązań.

Najgroźniejsze z ekonomicznego punktu widzenia w planach rozwojowych telekomunikacji wydają się jednak decyzje dotyczące zmian tempa jej rozbudowy. O ile bowiem poprzednio wymienione czynniki wpływają negatywnie tylko na pewne elementy lub część sieci telekomunikacyjnej,

o tyle zmiany tempa rozwoju, a zwłaszcza zmniejszenie, powodują obniżenie ekonomicznej efektywności wszystkich elementów sieci na skutek niewykorzystania wcześniej za-instalowanych mocy usługowych. Wynika to z wieloletnie-go okresu eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych i konieczności doboru odpowiednich systemów do stopniowe-go, planowego wzrostu ich mocy usługowych. Zmniejszenie tempa wzrostu wykorzystania ich mocy powoduje obniżenie planowanych i przyjętych w rachunku ekonomicznej efek-tywności efektów inwestycyjnych, czyniąc często dane u-rządzenie nieefektywnym w porównaniu z innymi urządze-niami technicznymi, które z uwagi na ich parametry tech-niczne bardziej odpowiadałyby nowym wymaganiom.

Nie może więc być mowy o podniesieniu efektywności wykorzystania środków inwestycyjnych, jeżeli brak będzie konsekwentnej wieloletniej polityki inwestycyjnej w te-lekomunikacji. Nieodłącznym elementem tej polityki musi być realność planów inwestycyjnych, tzn. muszą być one oparte na odpowiednich przesłankach gwarantujących ich realizację. Tylko taka bowiem polityka inwestycyjna da-je podstawy do realnego liczenia efektów inwestycyjnych, tzn. do ich osiągnięcia w trakcie eksploatacji. Pewne chwil-owe korzyści z odłożenia uprzednio zaplanowanych inwe-tycji na lata późniejsze okażą się niewspółmiernie ma-łe w zestawieniu z ogromnymi stratami, jakie ponosi spo-łeczeństwo z tytułu zamrożenia środków inwestycyjnych w sieci i nieuchronnego zmniejszenia efektywności nakła-dów inwestycyjnych.

Należy jednak podkreślić, że pomyślna realizacja za-

łożonych w planach przedsięwzięć z zakresu telekomunikacji w poważnym stopniu uzależniona jest od tego, w jaki sposób układa się współpraca resortu łączności jako generalnego inwestora telekomunikacji z przemysłem technicznym - dostawcą urządzeń telekomunikacyjnych oraz budownictwem łączności - wykonawcą inwestycji. Koniecznym więc warunkiem powodzenia planowanych przedsięwzięć inwestycyjnych jest również harmonijna współpraca tych jednostek, zwłaszcza w zakresie koordynacji planów.

Na tle omówionej powyżej specyfiki planowania inwestycji telekomunikacji oraz ekonomicznej efektywności tych inwestycji można również wysunąć pewne postulaty w stosunku do samej metodyki badania ekonomicznej efektywności inwestycji telekomunikacyjnych.

Obowiązująca obecnie metodyka przystosowana jest głównie do potrzeb przemysłu. Nie uwzględnia ona w należytych stopniu specyfiki procesu inwestycyjnego w telekomunikacji¹⁾. W telekomunikacji w odróżnieniu od większości inwestycji przemysłowych znaczną część nakładu wydatkowanego na budowę obiektu przez długi okres czasu pozostaje zamrożona ze względu na stopniowy, rozłożony w czasie wzrost wykorzystania ich potencjalnych mocy. Zamrożenie to występuje przy tym nie tylko w tym etapie, w którym nakład został wydatkowany, ale nawet i w etapach następnych (np. kabel). Ze zrozumiałych względów

¹⁾ J. Broszkiewicz, S. Włoszczowski: Specyfika sieci telekomunikacyjnej jako przedmiotu badań ekonomicznych. Problemy Łączności Warszawa 1969, IŁ Nr 35/69, s. 35-39.

najkorzystniejsze są takie rozwiązania techniczne, których zdolność usługową można rozwijać etapowo odpowiednio do przyrostu zapotrzebowania.

Maksymalizacja stopnia wykorzystania nakładu w poszczególnych etapach procesu inwestycyjnego przyczynia się do bardziej efektywnego jego wykorzystania, dzięki zmniejszeniu stopnia ich zamrożenia.

W związku z tym słuszne było takie ustawienie rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji w telekomunikacji, aby preferował on rozwiązania techniczne, których możliwości etapowej rozbudowy odpowiadałyby dynamice wzrostu zapotrzebowania na moce usługowe. Jest to możliwe do uzyskania, jeśli uwzględnimy w rachunku ekonomicznej efektywności pełne rzeczywiste zamrożenie nakładów inwestycyjnych. Można je obliczyć, przyjmując odmienną od obowiązującej metodę określania okresu zamrożenia nakładu inwestycyjnego inwestycji etapowanej:

$$n_{z_j} = \frac{\sum_{t=1}^{t_b} \left[i_t (t_n - t + 0,5) - i'_t \right]}{I_j}$$

gdzie:

- t - kolejny rok trwania inwestycji,
- i_t - cząstkowy nakład inwestycyjny j -tego etapu, wydatkowany w momencie t , licząc od początku etapu,
- t_b - okres budowy j -tego etapu,
- t_n - rok wykorzystania pełnej planowanej mocy usługowej uzyskanej z nakładu i_t ,

i'_t - wielkość odmrożenia nakładu cząstkowego i_t , przy czym oblicza się ją w następujący sposób:

$$i'_t = \sum_{k=1}^{k=t} i_t \cdot \frac{P_k}{P_t},$$

gdzie:

- P_k - wielkość efektu użytkowego nakładu cząstkowego i_t w kolejnych latach,
- P_t - pełna planowana wielkość efektu użytkowego z nakładu cząstkowego i_t osiągnięta w roku t_n (wielkość nominalna).

W powyższej metodzie obliczania okresu zamrożenia nakładu inwestycyjnego przyjmuje się, że zamrożenie nakładu występuje od momentu jego wydatkowania do momentu rzeczywistego wykorzystania. W związku z tym nakład wydatkowany na realizację inwestycji zamraża się w proporcji do stopnia jego wykorzystania w kolejnych latach eksploatacji.

2.2. Etapowanie rozbudowy sieci telekomunikacyjnej

W przypadku telekomunikacji, gdzie planowe efekty (moce usługowe) inwestycji narastają stopniowo w czasie, jednym z głównych sposobów zwiększenia ekonomicznej efektywności inwestycji jest skracanie okresu dzielącego moment poniesienia nakładu od momentu uzyskania efek-

tu. Skrócenie tego okresu można osiągnąć dzięki etapowaniu inwestycji.

Etapowanie inwestycji polega na odroczeniu w czasie wydatkowania części nakładu na realizację określonych mocy usługowych bez szkody dla zabezpieczenia zadań usługowych, wynikających z planu. Jest to możliwe do osiągnięcia w przypadkach, gdy planowane efekty inwestycji mają narastać stopniowo w czasie.

Etapowanie inwestycji jest szczególnie ważne w telekomunikacji, gdyż zapotrzebowanie na zdolności usługowe z reguły narasta tu stopniowo i często przybiera charakter funkcyjny (np. roczne przyrosty zapotrzebowania na łącza m/m). W wyniku etapowania inwestycji można uzyskać w porównaniu do takich samych inwestycji realizowanych jednorazowo następujące korzyści:

- zmniejszenie zamrożenia nakładów inwestycyjnych w rezultacie lepszego dostosowania w czasie potencjalnych zdolności (mocy) usługowych obiektu do zmiennego (rosnącego) na nie zapotrzebowania realnego,
- rozłożenie nakładu inwestycyjnego w czasie, co jest szczególnie ważne w przypadku ograniczonych funduszy inwestycyjnych, gdyż umożliwia jednoczesną realizację większej liczby obiektów inwestycyjnych,
- skrócenie okresu budowy poszczególnych etapów ze względu na mniejszą skalę budowy,
- mniejsze zaangażowanie przedsiębiorstw budowlano-montażowych w realizację poszczególnych obiektów, dzięki

czemu przy określonych mocach przerobowych można realizować szerszy problem inwestycyjny,

- zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych dzięki zastosowaniu nowocześniejszych rozwiązań technicznych w dalszych etapach oraz zmniejszenie obciążenia kosztami stałymi dzięki lepszemu wykorzystaniu potencjalnych mocy usługowych w poszczególnych etapach,
- większą elastyczność sieci z punktu widzenia dostosowania do zmian zapotrzebowania oraz możliwości realizacji postępu technicznego, w rezultacie czego następuje zmniejszenie tempa zużycia moralnego inwestycji,
- dodatkowe zwiększenie efektów inwestycyjnych, wynikające z tego, że z reguły inwestycje etapowane nie kończą swego okresu eksploatacji w tym samym czasie co inwestycje jednorazowe.

Obok wymienionych powyżej zalet etapowanie ma również pewną wadę. Inwestycje tego typu charakteryzują się z reguły wyższymi nominalnie nakładami inwestycyjnymi i nominalnymi kosztami eksploatacyjnymi niż jednorazowe inwestycje tej samej skali. Z uwagi jednak na stopniowy wzrost wykorzystania potencjalnych mocy usługowych w telekomunikacji, wynikający ze specyfiki wzrostu zapotrzebowania, w przypadku wieloletnich inwestycji jednorazowych przez znaczną część okresu eksploatacji ich moce będą wykorzystywane tylko w niewielkim stopniu, co oczywiście zwiększa ich koszty jednostkowe. Tak więc wymieniona wada w odniesieniu do inwestycji telekomunikacyjnych wydaje się być zupełnie nieistotna.

Istotę etapowania inwestycji i jego sens ekonomiczny można przedstawić za pomocą prostego przykładu.

Założmy, że potrzeby na moce usługowe rosną systematycznie z roku na rok zgodnie z krzywą P na rys. 4. Zaspokojenie tych potrzeb w okresie N lat może nastąpić na drodze realizacji jednego z dwóch wariantów inwestycyjnych: albo inwestycji jednorazowej, albo inwestycji realizowanej np. w dwóch etapach. Widzimy wyraźnie, że dzięki etapowaniu inwestycji jej potencjalne moce (P_1 w czasie od t_0 do t_1 i P_N w czasie od t_1 do N) są w znacznie większym stopniu wykorzystane aniżeli w przypadku inwestycji jednorazowej (moc P_N potrzebna dopiero w roku N osiągnana jest już w momencie t_0). Jeżeli przyjmiemy, że roczne wydatki produkcyjne inwestycji będące sumą przypadającej na rok części nakładu inwestycyjnego oraz rocznego kosztu eksploatacyjnego wynoszą E_{t_1} (można go określić również jako społeczny koszt produkcji) oraz że wydatki te powstają w różnych momentach czasowych t_0 i t_1 , należy przypuszczać, że będą one maleć w czasie odwrotnie proporcjonalnie do wzrostu społecznej wydajności pracy wyrażającej się stosunkiem:

$$\left(\frac{1 + c}{1 + a} \right)^{t_1},$$

gdzie w liczniku mamy roczne tempo wzrostu kosztów produkcji wynikające z rocznego przyrostu produkcji, a w mianowniku roczne tempo wzrostu produkcji. Ponieważ w przypadku etapowania społeczne koszty kolejnych etapów przesunięte są w czasie, to ich nominalne wielkości na-

leży sprowadzić do momentu początkowego t_0 przy użyciu współczynnika odpowiadającego dyskontu kosztów:

$$\left(\frac{1}{1+c}\right)^{t_i}$$

Tak więc ostatecznie społeczny roczny koszt produkcji wyrażony wielkością E_{t_i} poniesiony w momencie t_i po sprowadzeniu do momentu początkowego wyniesie

$$E_{t_i} = E_{t_i} \left(\frac{1+c}{1+a}\right)^{t_i} \left(\frac{1}{1+c}\right)^{t_i} = E_{t_i} \left(\frac{1}{1+a}\right)^{t_i}$$

Zgodnie z obowiązującą aktualnie metodyką badań ekonomicznej efektywności inwestycji¹⁾ $a = 7\%$ oraz $c = 3\%$. Tak więc społeczne koszty produkcji należy sprowadzać do momentu początkowego przy pomocy współczynnika

$$\left(\frac{1}{1,07}\right)^{t_i}$$

Wielkości tego współczynnika obliczone dla t_i od 0 do 50 lat przedstawiono w tabl. 1. W tabelicy tej przedstawiono również wielkości współczynników dyskonta przy stopach: 2, 4, 5, 6, 8 i 10%. Ilustracja graficzna tych wielkości znajduje się na rys. 5. Jak widać z rys. 5, zmiany współczynników dyskonta nie mają charakteru liniowego. Nie jest więc obojętne przy analizowaniu nawet takiego samego okresu, w jakim planujemy zaspokoić

¹⁾ Instrukcja w sprawie metody badań ekonomicznych inwestycji łączności, Agencja Wydawnicza "Ruch", Warszawa 1967.

Współczynniki dyskontowe $\frac{1}{(1+i)^t}$

Lata (t_i)	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1	0,980	0,971	0,962	0,952	0,943	0,935	0,926	0,909
2	0,961	0,943	0,925	0,907	0,890	0,873	0,857	0,826
3	0,942	0,915	0,889	0,864	0,840	0,816	0,794	0,751
4	0,924	0,889	0,855	0,823	0,792	0,763	0,735	0,683
5	0,906	0,863	0,822	0,784	0,747	0,713	0,681	0,621
6	0,888	0,838	0,790	0,746	0,705	0,666	0,630	0,564
7	0,871	0,814	0,760	0,711	0,665	0,623	0,583	0,513
8	0,853	0,790	0,731	0,677	0,627	0,582	0,540	0,466
9	0,837	0,747	0,703	0,645	0,592	0,544	0,500	0,424
10	0,820	0,745	0,676	0,614	0,558	0,508	0,463	0,385
11	0,804	0,723	0,650	0,585	0,527	0,475	0,429	0,350
12	0,788	0,702	0,625	0,557	0,497	0,444	0,397	0,319

c.d. tabl. 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13		0,773	0,682	0,601	0,530	0,469	0,415	0,368	0,290
14		0,758	0,662	0,577	0,505	0,442	0,388	0,340	0,263
15		0,743	0,643	0,555	0,481	0,417	0,362	0,315	0,239
16		0,728	0,624	0,534	0,458	0,394	0,339	0,292	0,218
17		0,714	0,606	0,513	0,436	0,371	0,316	0,270	0,198
18		0,700	0,588	0,494	0,416	0,350	0,296	0,250	0,180
19		0,686	0,571	0,475	0,396	0,330	0,276	0,232	0,163
20		0,673	0,555	0,456	0,377	0,312	0,258	0,214	0,149
21		0,660	0,539	0,439	0,359	0,295	0,241	0,199	0,135
22		0,647	0,523	0,422	0,342	0,277	0,226	0,184	0,123
23		0,634	0,508	0,406	0,326	0,262	0,211	0,170	0,112
24		0,622	0,493	0,390	0,310	0,247	0,197	0,158	0,102
25		0,610	0,478	0,375	0,295	0,233	0,184	0,146	0,092
26		0,598	0,464	0,361	0,281	0,220	0,172	0,135	0,084
27		0,586	0,451	0,347	0,268	0,207	0,161	0,125	0,076
28		0,574	0,437	0,333	0,255	0,196	0,150	0,116	0,069

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	0,563	0,424	0,321	0,243	0,184	0,140	0,107	0,063
30	0,552	0,412	0,308	0,231	0,174	0,131	0,099	0,057
31	0,541	0,400	0,296	0,220	0,164	0,123	0,092	0,052
32	0,531	0,388	0,285	0,210	0,155	0,115	0,085	0,047
33	0,520	0,377	0,274	0,200	0,146	0,107	0,079	0,043
34	0,510	0,366	0,264	0,190	0,138	0,100	0,073	0,039
35	0,500	0,355	0,253	0,181	0,130	0,094	0,068	0,036
36	0,490	0,345	0,244	0,173	0,123	0,088	0,063	0,032
37	0,481	0,335	0,234	0,164	0,116	0,082	0,058	0,029
38	0,471	0,325	0,225	0,157	0,109	0,076	0,054	0,027
39	0,462	0,316	0,217	0,149	0,103	0,071	0,050	0,024
40	0,453	0,307	0,208	0,142	0,097	0,067	0,046	0,022
41	0,444	0,298	0,200	0,135	0,092	0,062	0,043	0,020
42	0,435	0,289	0,193	0,129	0,087	0,058	0,039	0,018
43	0,427	0,281	0,185	0,123	0,082	0,055	0,037	0,017

c.d. tabl. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	0,418	0,272	0,178	0,117	0,077	0,051	0,034	0,015
45	0,410	0,264	0,171	0,111	0,073	0,048	0,031	0,014
46	0,402	0,257	0,165	0,106	0,069	0,045	0,029	0,012
47	0,394	0,249	0,158	0,101	0,065	0,042	0,027	0,011
48	0,387	0,242	0,152	0,096	0,061	0,039	0,025	0,010
49	0,379	0,235	0,146	0,092	0,058	0,036	0,023	0,009
50	0,372	0,228	0,141	0,087	0,054	0,034	0,021	0,008

potrzeby, na ile etapów podzielimy realizację inwestycji, jak te etapy będą rozłożone w analizowanym okresie i jak będzie kształtowała się struktura czasowa wydatku inwestycyjnego.

Ostateczna zdyskontowana do wspólnego momentu początkowego wielkość społecznego kosztu na zaspokojenie planowanych potrzeb zależy będzie od następujących zmiennych:

- łącznej nominalnej wielkości kosztu społecznego,
- długości rozpatrywanego okresu planowania zaspokojenia potrzeb (N),
- liczby etapów inwestycji,
- długości i rozłożenia poszczególnych etapów w planowanym okresie,
- struktury podziału kosztu społecznego na poszczególne etapy,
- stopy procentowej (a).

Tak więc teoretycznie o łącznej wielkości E_{t_i} wszystkich etapów decyduje 6 zmiennych. W praktyce rozpatrzenie powyższego problemu można w pewnym stopniu uprościć. Można mianowicie zmienną wielkość nakładu w wartości nominalnej wyeliminować przyjmując, że rozważania przeprowadza się na wielkościach procentowych i zakładając, że łączny nominalny koszt społeczny inwestycji wynosi 100%. W ramach wstępnych badań możemy również przyjąć założenie, że długość etapów jest w zasadzie w poszczególnych wariantach jednakowa, a podział

kosztu społecznego inwestycji proporcjonalny w całym rozpatrywanym okresie czasu. W rozważaniach możemy też ograniczyć się - zgodnie z obowiązującą instrukcją w sprawie metodyki badania ekonomicznej efektywności inwestycji - do jednej stopy procentowej w wysokości 7% (stopa przyjęta do sprowadzania E poszczególnych etapów do etapu pierwszego).

Tak więc przy przyjętych uprzednio założeniach można przeanalizować kształtowanie się wielkości E_t^0 w zależności od dwóch zmiennych:

- zmiennej długości okresu planowanego zaspokojenia potrzeb (od 10 do 50 lat),
- zmiennej liczby etapów (od 1 do liczby etapów równej ilości lat w planowanym okresie zaspokojenia potrzeb).

Wyniki tych analiz zostały zaprezentowane na rys.6. Wykres ten został sporządzony w oparciu o tablice pomocnicze przygotowane dla różnej długości okresów planowanego zaspokojenia potrzeb od 10 do 50 lat (co pięć lat, 10-15-20...45-50), przy czym dla każdego z tych okresów obliczone zostały zdyskontowane wielkości kosztów etapów równej ilości lat w planowanym okresie zaspokojenia potrzeb). Wyniki obliczeń zostały podane w postaci rodziny krzywych. Każda z krzywych przedstawia zmiany wielkości E_t^0 przy innej liczbie etapów (od 1 do 10 oraz dla liczby etapów równej ilości lat planowanego okresu zaspokojenia potrzeb, co odpowiada ciągłej rozbudowie inwestycji). Wykres ten pozwala na znalezienie odpowiedzi na pytania związane z opłacalnością stosowania

różnego rodzaju etapowania inwestycji. Przy jego pomocy można między innymi określić opłacalność realizacji planu inwestycyjnego przy różnej liczbie etapów oraz względne zmiany tej opłacalności przy różnych okresach planowanego zaspokojenia potrzeb. Krzywa E_{t_N} określa maksymalną granicę korzyści, jakie można osiągnąć stosując etapowanie inwestycji (przy etapowaniu corocznym). O ile krzywe E_t od 1 do 10 odnoszą się zasadniczo do inwestycji pojedynczych, jak np. elementów sieci (w których zazwyczaj brak pełnej podzielności techniczno-ekonomicznej inwestycji), o tyle krzywa E_{t_N} reprezentuje coroczne etapowanie, co odpowiada inwestycjom typu makro, np. sieci teletransmisyjnej itp.

Zgodnie z założeniami przy obliczaniu krzywej E_{t_N} przyjęto równomierny rozkład wydatku na rozbudowę sieci, co w rzeczywistości w przypadku inwestycji makro odpowiada tylko inwestowaniu restytucyjnemu, czyli w zasadzie sieci, która nie jest rozbudowywana, a jedynie odnawiana (tempo rozbudowy - przyrostu sieci wynosi 0). W rzeczywistości sieć jest układem dynamicznym, stale rozwijającym się (tempo przyrostu sieci > 0). Na rysunku 7 zaprezentowano krzywe dla inwestycji w sieciach o różnym tempie rozbudowy (od 0% do 10%). Omawiane krzywe pozwalają na wyciągnięcie analogicznych wniosków w zakresie ekonomicznej efektywności inwestycji sieci jak z rys. 6, z tym że pozwalają one również ustalić współzależność ekonomicznej efektywności ze zmianami tempa rozbudowy sieci.

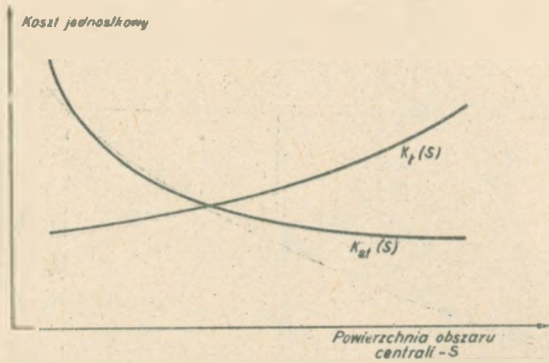
Z zaprezentowanych krzywych wyrażających opłacalność stosowania różnego rodzaju procesów realizacji inwestycji wynika oczywisty wniosek, że w przypadku telekomunikacji należy dążyć do konstrukcji takich planów rozwojowych, które umożliwiłyby realizację inwestycji możliwie najbardziej etapowanych. Ważne jest również, aby przewidywane do zastosowania w sieciach systemy stwarzały z uwagi na ich techniczną podzielność możliwości realizacji tego typu procesów.

WYKAZ LITERATURY

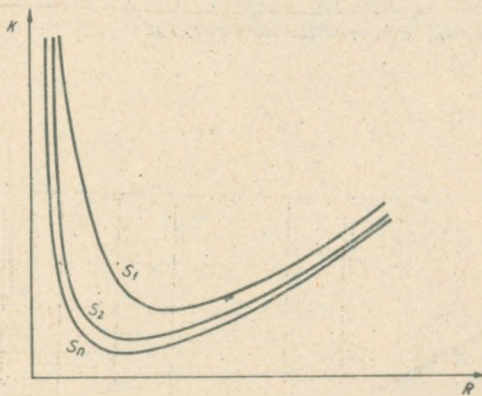
1. Boglewski A., Ganczewski J.: Przegląd metod badań ekonomicznych w telekomunikacji. Problemy Łączności IŁ 1969 nr 36.
2. Broszkiewicz J., Włoszczowski S.: Specyfika sieci telekomunikacyjnej jako przedmiotu badań ekonomicznych. Problemy Łączności IŁ 1969 nr 35.
3. Cosgrove T., Chipp R.D.: Economic consideration for communication systems - IEEE Trans. Commun. Technol. 1968 t. 16 nr 4, s. 513-525.
4. Instrukcja w sprawie metodyki badań ekonomicznych inwestycji łączności. MŁ - Ruch Warszawa 1967.
5. Morgan T.I.: The long-term assessment of future telecommunication requirements. ATE Journal 1965 t. 21 nr 3, s. 123-134.
6. Rafałowicz Z.: Planowanie perspektywiczne rozwoju telefonii. WKiŁ Warszawa 1963.

7. Rapp Y.: Some economic aspects of long-term planning of telephone networks. Part I i II - Ericsson Review 1968 t. 42 nr 2, s 46-61 i 3 s. 112-122.
8. Rund H.: Network projects in developing regions - Telecommunication Journal 1968 t. 35 nr 7, s.313-319.
9. Smith K.W.: Telephone exchange are planning. The telecommunication Journal of Australia. February 1969 t. 19 nr 1, s. 18-24.

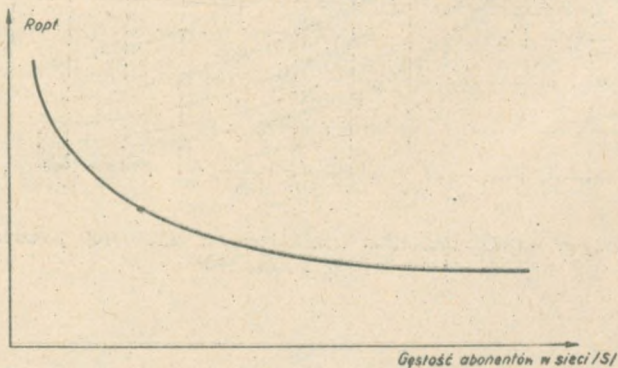




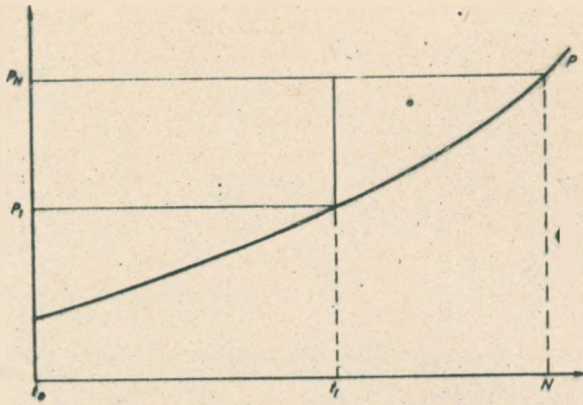
Rys. 1. Zależność między wielkością nakładów stałych na urządzenia sieci $/K_{st}/$ oraz nakładów na łącza $/K_zl/$ od wielkości obszaru obsługiwanego przez centralę



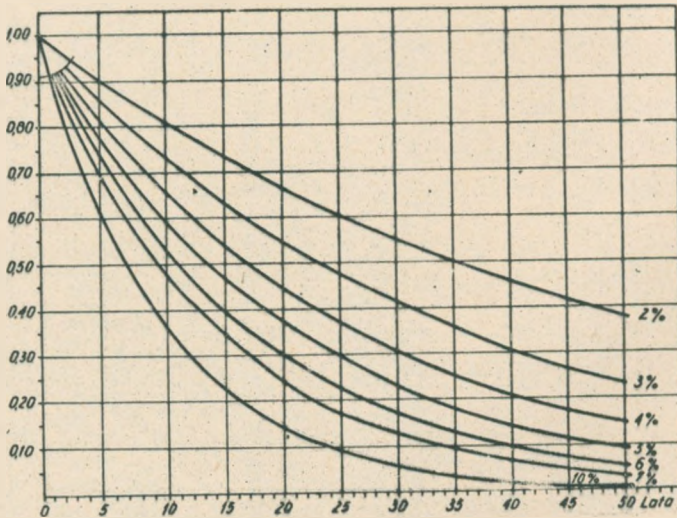
Rys. 2. Zmiany wielkości kosztu sieci w zależności od wielkości promienia obsługi centrali $/R/$ dla różnej gęstości abonentów $s_1 < s_2 < s_n$



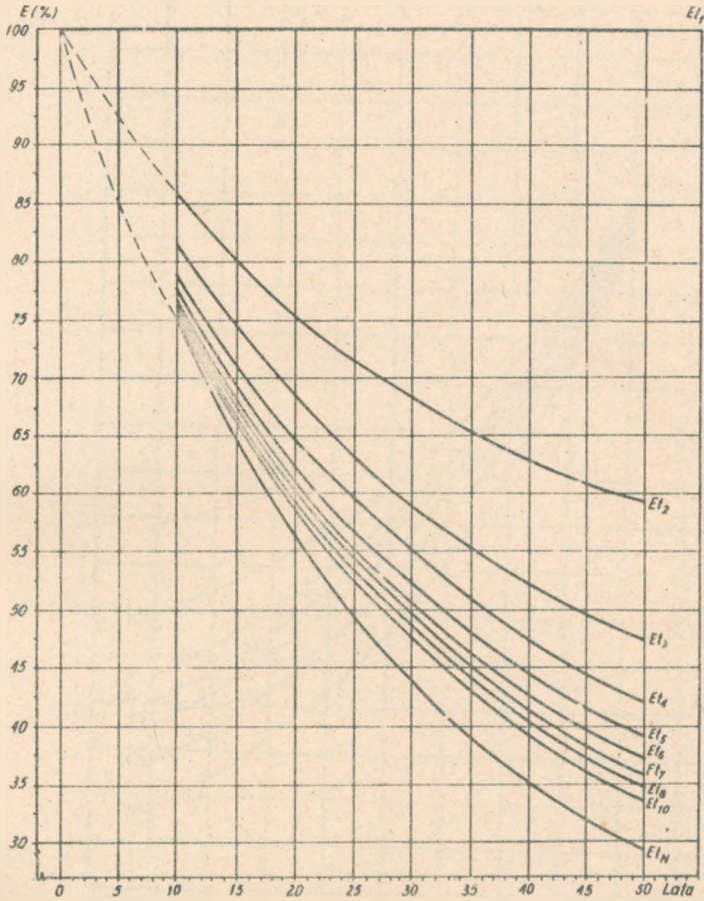
Rys. 3. Optymalny promień obsługi centrali



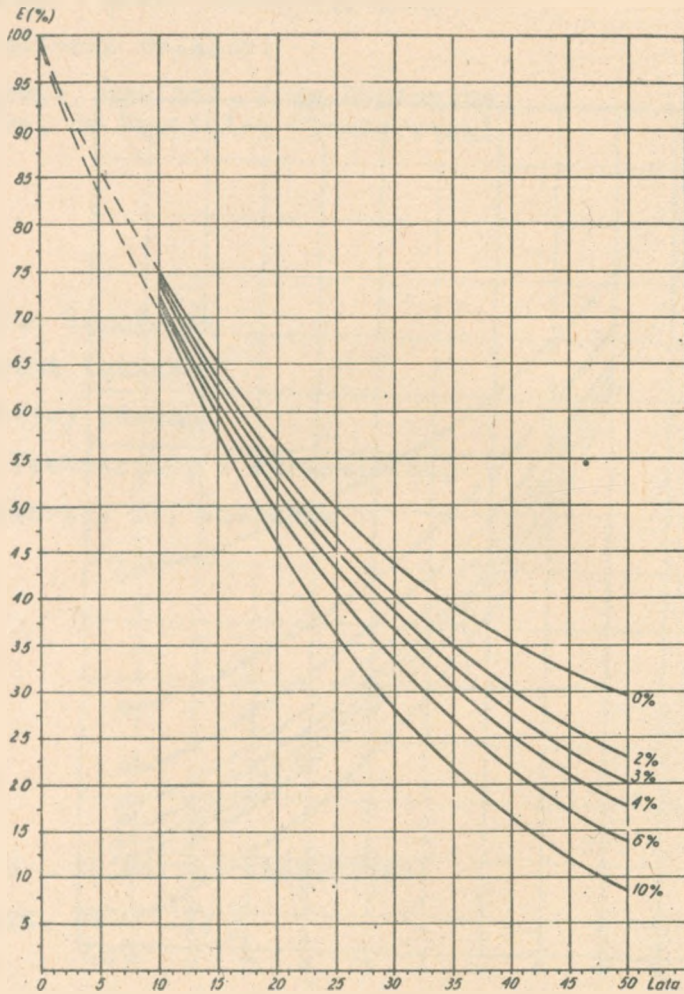
Rys. 4. Etapowanie inwestycji



Rys. 5. Krzywe współczynników dyskontowych dla stóp procentowych: 2, 3, 4, 5, 7, 10%



Rys. 6. Wielkość E_t przy zmiennej długości okresu planowanego zaspokojenia potrzeb /od 10 do 50 lat/ i zmiennej liczbie etapów realizacji inwestycji /proporcjonalne rozłożenia nakładu w czasie/



Rys. 7. Wielkość E przy zmiennej długości okresu planowanego zaspokojenia potrzeb dla inwestycji "makro" /progresywne rozłożenie nakładu w czasie/

