

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

4 (209)

1982

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 22

WARSZAWA 1982

NR 4/209/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:
doc. mgr inż. Władysław Cerner, doc. mgr inż. Adam Moniuszko

Adres Redakcji:
Instytut Łączności
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej
Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

ISSN 0209-1046

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: mgr K. Juszkievicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 625. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 17.VI.1982 r.
Druk ukończono w sierpniu 1982 r.

Andrzej Felczak

ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA
STOSOWANIA SYSTEMÓW WIELOKROTNYCH TCK-30 I TCC-120

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Rachunek ekonomicznej efektywności inwestycji	1
3. Nakłady inwestycyjne w systemach impulsowo-kodowych PCM	4
4. Ustalenie zakresów ekonomicznego stosowania analizowanych systemów w porównaniu z systemem telefonii naturalnej	5
4.1. Wprowadzenie	5
4.2. Struktura i wskaźniki kosztów systemu telefonii naturalnej	6
4.3. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCK-30	12
4.4. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCC-120	21
4.5. Interpretacja otrzymanych wyników	29
5. Wnioski	35
Wykaz literatury	35



Andrzej Felczak

621.395.452:
621.376.56:
338:47:654

ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA STOSOWANIA SYSTEMÓW WIELOKROTNYCH TCK-30 I TCC-120

1. WSTĘP

W artykule zbadano zakresy ekonomicznego stosowania analizowanych systemów teletransmisyjnych TCK-30 i TCC-120.

W tym celu opracowano metodykę oceny ekonomicznej efektywności inwestycji łączności. Na rysunku 1 przedstawiono przyjęty tok postępowania przy obliczaniu wskaźnika efektywności pojedynczego łącza w analizowanych systemach.

Rozpatrzono dwa warianty budowy systemu cyfrowego TCK-30:

- 1/ z budową pełnego traktu liniowego składającego się z kabla, kanalizacji telefonicznej i stacji regeneracyjnych;
- 2/ z budową traktu liniowego bez budowy kabla i kanalizacji telefonicznej, a opartego na istniejącym adaptowanym kablu międzycentrałowym.

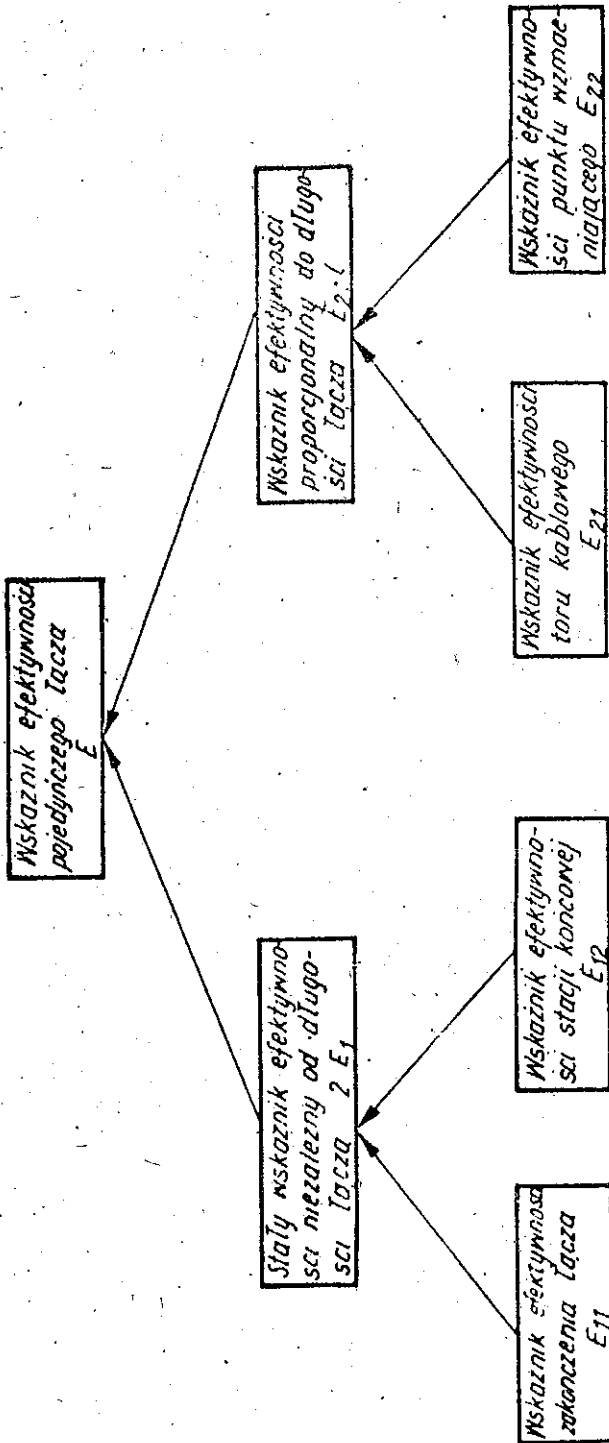
Wskaźniki efektywności systemu TCC-120 obliczano tylko dla przypadku budowy traktu liniowego wraz z kablem i kanalizacją telefoniczną ze względu na konieczność instalacji specjalnego symetrycznego kabla pęczkowego, produkowanego dopiero od niedawna.

Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza realizowanego w wybranych systemach w zależności od liczby łączy, jak również od długości traktu liniowego przedstawiono na odpowiednich wykresach.

2. RACHUNEK EKONOMICZNEJ EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI

Rachunek ekonomicznej efektywności inwestycji umożliwia dokonanie analizy przedsięwzięć, pozwala na zbadanie stopnia spełnienia określonych wymogów ekonomicznych.

Rachunek efektywności inwestycji polega na porównaniu przewidywanych efektów ekonomicznych zamierzonej inwestycji z nakładami finansowymi, niezbędnymi do jej realizacji. Dokonuje się tego poprzez obliczenie wskaźni-



Rys. 1. Schemat toku postępowania przy obliczaniu wskaźnika efektywności pojedynczego łącza

ka efektywności. Ogólnie przyjęty rachunek ekonomicznej efektywności oparty jest na wzorze [1]:

$$E = \frac{P-K}{1/r+s+Br} \quad /1/$$

gdzie:

- E - wskaźnik efektywności,
- P - przewidywana wartość rocznej produkcji dóbr i usług,
- K - przewidywany koszt bieżący rocznej produkcji /P/,
- r - stopa dyskontowa,
- s - średnia stawka amortyzacyjna,
- B - nakłady na tworzenie środków obrotowych,
- I - wartość nakładów inwestycyjnych z uwzględnieniem ich zamrożenia w okresie realizacji inwestycji.

Minimalny wymóg efektywności jest spełniony, gdy $E \geq 1$. Wskaźnik efektywności E jest tym lepszy, im wyższa jest jego wartość. Wyboru wariantu realizacyjnego analizowanej zamierzonej inwestycji dokonuje się włączając do zasady maksymalizacji wskaźnika E.

W inwestycjach nieprodukcyjnych, z uwagi na trudność oceny efektu użytkowego w kategoriach wartościowych, przyjmowana jest zasada określania wielkości efektu w oparciu o ujęcia rzeczowe. W inwestycjach łączności natomiast wskaźnikiem efektywności przyjęto określać nakłady finansowe potrzebne do zrealizowania jednego łącza telefonicznego, oznaczanego IN. Jest to wskaźnik syntetyczny, będący sumą cząstkowych kosztów łączy obliczonych dla:

- a/ urządzeń komutacyjnych i zasilających,
- b/ budynku,
- c/ sieci miejscowej,
- d/ sieci wewnątrzstrefowej.

Tak rozumiany wskaźnik efektywności inwestycji łączności ma następującą postać [5]: -

$$E = \frac{1/r+s+K}{W} \quad /2/$$

gdzie:

K = przewidywany roczny koszt eksploatacji,

W = wielkość efektu użytkowego wyrażona w jednostkach naturalnych zdolności usługowych, powstałych w obiektach łączności,

a pozostałe oznaczenia - jak we wzorze /1/.

W tym przypadku wskaźnik efektywności E jest tym lepszy, im mniejsza jest jego wartość. Minimalna wielkość wskaźnika efektywności wskazuje najkorzystniejszy wariant realizacji danej inwestycji. W minimalizacji wskaźnika efektywności występuje wyraźne znaczenie kosztów eksploatacji. Wzrost nakładów kapitałowych na nowoczesne systemy i urządzenia powinien być kompensowany efektami uzyskiwanymi z obniżki kosztów eksploatacji. W artykule korzystano ze wzoru /2/. Obliczony wskaźnik efektywności określa wysokość nakładów finansowych niezbędnych do zrealizowania jednego łącza w sieci wewnętrznej. Do obliczeń przyjęto stopę dyskontową r w wysokości 0,08, a pozostałe wskaźniki zgodnie z danymi zawartymi w [3].

3. NAKŁADY INWESTYCYJNE W SYSTEMACH IMPULSOWO-KÓDOWYCH PCM

Porównania wysokości nakładów inwestycyjnych w poszczególnych systemach są przeprowadzone dla określonej liczby łączy i jednakowej ich długości. W rozpatrywanych systemach na koszt pojedynczego łącza składają się:

- = koszt urządzeń w stacjach końcowych podzielony przez liczbę łączy, jaką uzyskuje się w tym systemie; jest to wartość stała niezależna od długości toru;
- = koszt urządzeń liniowych, tzn. toru łącznie z regeneratorem przelotowymi, podzielony przez liczbę łączy utworzonych na tych torach; koszt ten jest proporcjonalny do długości łącza.

Wybór systemu teletransmisyjnego jest podyktowany kosztami traktu liniowego, ponieważ one stanowią wielkość zmienną w zależności od krótności. Na koszty traktu liniowego mają także wpływ rezerwy tworzone w liniach. Można je tworzyć dwiema metodami:

- = przez pozostawienie wolnych par w kablu,

- przez instalowanie od razu systemu o większej krotności.

Metoda druga wiąże się z większymi kosztami eksploatacyjnymi i amortyzacyjnymi oraz zwiększonym zużyciem urządzeń. Ogranicza ona także możliwości wyboru w przyszłości, w przypadku powstania alternatywy zastosowania systemu reprezentującego nową technikę.

4. USTALENIE ZAKRESÓW EKONOMICZNEGO STOSOWANIA ANALIZOWANYCH SYSTEMÓW W PORÓWNIANIU Z SYSTEMEM TELEFONII NATURALNEJ

4.1. Wprowadzenie

Przed przystąpieniem do wykonywania obliczeń przyjęto następujące założenia.

Zakres zastosowań systemów, z punktu widzenia ich technicznych właściwości jak i odległości występujących w sieciach wewnątrzstrefowych, ustalono maksymalnie na 40 km.

Analizę przeprowadzono dla liczby łączy od 120 do 960 w przedziałach co 120 łączy. Przy wyborze kierowano się pełną liczbą łączy realizowanych przez jedną krotnicę systemu TCC-120 lub cztery krotnice systemu TCK-30. Natomiast w przypadku systemu telefonii naturalnej postąpiono następująco: przewidziano budowę kabli o pojemnościach od 200 do 1000 par, tj. większych od założonych wyżej liczby realizowanych łączy, tworząc tym samym rezerwę łączy w kablu, natomiast liczbę translacji kanałowych i pupinizowanych łączy przyjęto równe liczbie realizowanych łączy.

Przyjęto dwa warianty budowy łączy w systemie TCK-30. Pierwszy wariant obejmuje budowę urządzeń końcowych i traktu liniowego wraz z budową odpowiedniego dla danej liczby zestrojów kabla typu XTKMX [4], zawierającego oczywiście nie tylko tory cyfrowe. Drugi wariant dotyczy uwielokrotnienia istniejącego kabla. Przy budowie łączy w systemie TCC-120 uwzględniono budowę urządzeń końcowych i traktu liniowego wraz z budową specjalnego kabla cyfrowego. Koszty-budowlano-montażowe brano z obowiązujących katalogów cen. Koszty urządzeń systemów cyfrowych TCK-30 i TCC-120 otrzymano z Wielkopolskich Zakładów Teleelektronicznych TELKOM - TELETRA w Poznaniu. Ze względu na brak aktualnych wskaźników ko-

sztów robót budowlano-montażowych dla budowy linii z kabli ALTKDNXp, w niniejszej analizie przyjęto współczynnik 2,5 w stosunku do analogicznych kosztów budowy linii z kabli TKD.

Analizie poddano strukturę łączy między centralami systemu Strowgera i Pentaconta. Urządzenia końcowe systemów TCK-30 i TCC-120, w przypadku współpracy central systemu Strowgera lub Pentaconta, różnią się jedynie typem zastosowanych zakończeń kanałowych - translacji typu GAS. Ze względu na niewielką różnicę kosztów zastosowanych translacji do obliczeń przyjęto jeden koszt wspólny dla obydwu typów translacji, będący ich średnią arytmetyczną.

4.2. Struktura i wskaźniki kosztów systemu telefonii naturalnej

System telefonii naturalnej realizowany jest za pomocą urządzeń końcowych oraz traktu liniowego. Urządzeniami końcowymi są translacje typu TR. Trakt liniowy składa się z pupinizowanego kabla typu XTKMX o średnicy żył 0,8 mm. Ograniczenie analizy do kabli o średnicy żył 0,8 mm tłumaczy się powszechnym stosowaniem maksymalnej średnicy żył w kablach międzycentralowych; zwłaszcza w zakresach długości rozpatrywanych w ramach niniejszej analizy. Rozpatrzono przypadki realizacji łączy w kablach o pojemnościach od 200 do 1000 par.

Wskaźnik efektywności pojedynczego łącza E_{tn} w systemie telefonii naturalnej można zapisać ogólnym wzorem:

$$E_{tn} = 2E_{1n} + 1E_{2n} \quad /3/$$

gdzie:

E_{1n} - stała wartość niezależna od długości łącza l ,

E_{2n} - wartość zależna od długości łącza l .

Wartość E_{1n} można obliczyć z następującego wzoru:

$$E_{1n} = E_{11n} + E_{12n} \quad /4/$$

gdzie:

E_{11n} - wskaźnik efektywności obustronnego zakończenia kabla oraz pomiarów i napełniania powietrzem kabla,

T a b l i c a 1

Wartość wskaźników efektywności niezależnych od długości łącza

Lp.	Liczba łączy	Wskaźnik efektywności obustronnego zakończenia kabla, napięcia w wietrzem E_{11} /zt/łącze/	Wskaźnik efektywności urządzeń końcowych E_{12} /zt/łącze/	$E_1 = E_{11} + E_{12}$ zt/łącze/
1.	120	39	2.590	2.629
2.	240	32	2.579	2.611
3.	360	30	2.571	2.601
4.	480	29	2.573	2.602
5.	600	28	2.571	2.599
6.	720	28	2.569	2.597
7.	840	27	2.570	2.597
8.	960	27	2.569	2.596

E_{12n} - wskaźnik efektywności urządzeń końcowych /w danym przypadku translacji/.

Wyniki zamieszczono w tabelicy 1.

Na wartość E_{2n} składają się następujące składniki

$$E_{2n} = E_{21n} \cdot E_{22n} \quad /5/$$

gdzie:

E_{21n} - wskaźnik efektywności toru kablowego wraz z kanalizacją,

E_{22n} - wskaźnik efektywności punktu pupinizacyjnego.

Obliczenia wskaźnika efektywności toru kablowego wraz z kanalizacją rozpoczęto od określenia wysokości nakładów na budowę jednego kilometra toru kablowego.

Na koszt I_{1n} jednego kilometra toru kablowego składają się:

$$I_{1n} = K_K + K_M + K_{ZTS} \quad /6/$$

gdzie:

K_K - koszt kabla,

K_M - koszt montażu kabla,

K_{ZTS} - koszt zaopatrzenia, transportu i składowania.

Nakłady na budowę jednego kilometra toru obejmują również koszt kanalizacji kablowej. Przyjęto koszt jednego kilometra otworu kanalizacji kablowej w wysokości 300 000 zł. Założono również, że jeden kilometr otworu kanalizacji kablowej może pomieścić maksymalnie 300 kilometrołączy. Całkowity koszt budowy jednego kilometra toru kablowego jest zatem sumą kosztu kabla i kosztu kanalizacji.

Mając nakłady na budowę jednego kilometra toru kablowego obliczono wskaźniki efektywności jednego kilometra toru kablowego w zależności od pojemności kabla.

Wskaźnik efektywności /E/ obliczono wg wzoru /2/ przyjmując następujące dane [3]:

- stopa dyskontowa $r = 0,08$,

- średnia stawka amortyzacyjna $s = 0,03$,

- roczny koszt eksploatacji jednego kilometra łącza pupinizowanego przyjęto w wysokości $K = K_1 = 115$ zł/łącze.

Przyjęto, że w jednej skrzyni pupinizacyjnej może znajdować się maksymalnie 100 cewek czwórkowych dla 200 łączy, a w studni kablowej do 2 skrzyń. W przypadku realizacji powyżej 400 łączy, a maksymalnie 800, w koszt punktu pupinizacyjnego wliczono koszt dodatkowej studni kablowej. Podobnie, w przypadku budowy powyżej 800 łączy doliczono koszt dwóch dodatkowych studni kablowych. Skok pupinizacji wynosi 1,5 km. Wskaźniki efektywności obliczono przyjmując następujące dane [3]:

- stopa dyskontowa $r = 0,08$,
- średnia stawka amortyzacyjna $s = 0,07$.

Roczny koszt eksploatacji K został uwzględniony przy obliczaniu wskaźnika efektywności kabla pupinizowanego i dlatego przy obliczaniu wskaźnika efektywności punktu pupinizacyjnego nie występuje.

Trakt liniowy zakończony jest translacjami typu TR. Na jedno łącze przypada jedna translacja. Na koszt I_{2n} urządzeń translacji składają się:

$$I_{2n} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5$$

/7/

gdzie:

- K_1 - koszt stojaka,
- K_2 - koszt translacji,
- K_3 - koszt montażu,
- K_4 - koszt zaopatrzenia, transportu i składowania,
- K_5 - koszt pomiarów.

Przyjęto następujące dane [3]:

- stopa dyskontowa $r = 0,08$,
- średnia stawka amortyzacyjna $s = 0,07$,
- roczny koszt eksploatacji $K = K_2 = 2.200 \text{ zł/translację/}$.

Jeden stojak może pomieścić maksymalnie do 80 translacji typu TR.

Wartość składnika E_2 dla różnych pojemności kabli w funkcji długości łączy przedstawiono w tabelicy 2. Natomiast wskaźniki efektywności pojedynczego łącza w systemie analogowym w funkcji pojemności kabla zawiera tabela 3.

T a b l i c a 2

Wartości wskaźnika efektywności E_2 dla różnych pojemności kabli w funkcji długości łącza l

Lp.	Liczba łączy	Wskaźnik efektyw- ności E_2	E x l							
			5 km	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km	35 km	40 km
1	120	694	3.470	6.940	10.410	13.880	17.350	20.820	24.290	27.760
2	240	645	3.225	6.450	9.675	12.900	16.125	19.350	22.575	25.800
3	360	688	3.440	6.880	10.320	13.760	17.200	20.640	24.080	27.520
4	480	655	3.275	6.550	9.825	13.100	16.375	19.650	22.925	26.200
5	600	650	3.250	6.500	9.750	13.000	16.250	19.500	22.750	26.000
6	720	674	3.370	6.740	10.110	13.480	16.850	20.220	23.590	26.960
7	840	651	3.255	6.510	9.765	13.020	16.275	19.530	22.785	26.040
8	960	636	3.180	6.360	9.540	12.720	15.300	19.080	22.260	25.440

T a b l i c a 3

Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza w systemie telefonii naturalnej w zależności od liczby i długości łącza

Lp.	Długość łącza	$E_{in} = 2E_1 + E_2 \times l$ /zł/łącze/								
		120 łączy	240 łączy	360 łączy	480 łączy	600 łączy	720 łączy	840 łączy	960 łączy	
1	0									
2	5	9.728	8.692	8.427	8.479	8.448	8.564	8.374	8.467	
3	10	14.198	12.162	11.652	11.754	11.698	11.934	11.554	11.742	
4	15	18.668	15.632	14.877	15.029	14.948	15.304	14.734	15.017	
5	20	23.138	19.102	18.102	18.304	18.198	18.674	17.914	18.292	
6	25	27.608	22.572	21.327	21.579	21.448	22.044	21.096	21.567	
7	30	32.078	26.042	24.552	24.854	24.698	25.414	24.274	24.842	
8	35	36.548	29.512	27.777	28.129	27.948	28.784	27.454	28.117	
9	40	41.018	32.982	31.002	31.404	31.198	32.154	30.634	31.392	

4.3. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCK-30

System telefonii impulsowo kodowej TCK-30 realizowany jest za pomocą urządzeń końcowych oraz traktu liniowego. Urządzeniami końcowymi są - w przypadku realizacji łącza między centralami systemu Strowgera /lub Pentaconta/ - zespół translacji UT TCK-30 oraz zespół krotnic cyfrowych UK TCK-30 [2]. Trakt liniowy składa się z kabla typu XTKMX o średnicy żył 0,8 mm oraz nieobstugiwanych stacji regeneratorów /NSR/. Rozpatrywane były przypadki realizacji łącza w liczbie od 120 do 960.

4.3.1. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCK-30 związane z budową kabla

Wskaźnik efektywności E_{tC1} pojedynczego łącza w systemie TCK-30 przedstawić można za pomocą następującego wzoru:

$$E_{tC1} = 2E_{1c} + 1E_{2c} \quad /8/$$

gdzie:

- E_{1c} - stały składnik niezależny od długości łącza l ,
- E_{2c} - składnik zależny od długości łącza l ,
- l - długość łącza.

Wartość E_{1c} można wyznaczyć z następującego wzoru:

$$E_{1c} = E_{11c} + E_{12c} \quad /9/$$

gdzie:

- E_{11c} - wskaźnik efektywności stacji końcowej,
- E_{12c} - wskaźnik efektywności pomiarów kabla i uruchomienia realizowanych zestrojów.

Wartość składnika E_{2c} można obliczyć ze wzoru

$$E_{2c} = E_{21c} + E_{22c} \quad /10/$$

gdzie:

- E_{21c} - wskaźnik efektywności toru kablowego liczony wraz z kanalizacją,

E_{22c} - wskaźnik efektywności nieobsługiwanej stacji regeneratorskiej.

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- stojak translacji UT TCK-30 zawiera maksymalnie do 180 translacji typu GAS;
- stojak urządzeń końcowych UK TCK-30 zawiera w zależności od wykonania od 1 do 6 krotnic TCK-30, zasilacze lokalne dla każdej krotnicy, zasilacze zdalne oraz panel liniowy;
- stacja regeneratorska zawiera od 2 do 6 przelotowych regeneratorów dwukierunkowych oraz zespół lokalizacji uszkodzeń, mieszczących się w hermetycznym zasobniku;
- trakt liniowy zbudowany jest z kabla o izolacji polietylenowej typu XTKMX o średnicy żył 0,8 mm.

Koszt $K_{st,kl}$ pojedynczej stacji końcowej teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCK-30 określony jest następującym wzorem:

$$K_{st,kl} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 \quad /11/$$

gdzie:

- K_1 - koszt stojaków urządzeń końcowych UK TCK-30,
- K_2 - koszt stojaków translacji UT TCK-30,
- K_3 - koszt zestawu pomiarowego,
- K_4 - koszt montażu urządzeń stacji końcowej,
- K_5 - koszt uruchomienia i stacyjnych pomiarów stojaków UK TCK-30 i UT TCK-30.

Mając obliczony koszt stacji końcowej, przypadający na jedno łącze, można przystąpić do obliczenia wskaźnika E_{11} efektywności stacji końcowej. Korzystano z następującego wzoru, przyjmując dane wg [3]:

$$E_{11} = \frac{I_1}{W} / r + s / + K_1 \quad /12/$$

gdzie:

- $\frac{I_1}{W}$ - koszt stacji końcowej na jedno łącze,

r - stopa dyskontowa = 0,08,

s - średnia stawka amortyzacyjna = 0,07,

K_1 - roczny koszt eksploatacji = 2.590 zł/łączy.

Wskaźnik efektywności E_{12} pomiarów kabla i uruchomienia zestrojów obliczono ze wzoru

$$E_{12} = \frac{r I_2}{W} \quad /13/$$

gdzie:

I_2 - koszt pomiarów kabla i uruchomienie zestrojów,

r - stopa dyskontowa = 0,08,

W - liczba realizowanych łączy.

Wartość I_2 można określić następującym wzorem:

$$I_2 = K_{pk} + n K_{uz} \quad /14/$$

gdzie:

K_{pk} - koszt pomiarów kabla, stały, niezależny od liczby zestawionych zestrojów,

n - liczba zestrojów,

K_{uz} - koszt uruchomienia jednego zestawu.

W tabelicy 4 podano wskaźniki efektywności niezależne od długości łączy w funkcji liczby łączy. Obliczenia wskaźników efektywności toru kablowego wraz z kanalizacją rozpoczęto od określenia wysokości nakładów na budowę jednego kilometra toru kablowego.

Koszt K_{tk} jednego kilometra toru kablowego liczone wg następującego wzoru:

$$K_{tk} = K_k + K_m + K_{zts} \quad /15/$$

gdzie:

K_k - koszt kabla,

K_m - koszt montażu kabla,

K_{zts} - koszt zaopatrzenia, transportu i składowania.

Nakłady na budowę jednego kilometra toru kablowego obejmują również koszt kanalizacji kablowej. Koszt jednego kilometra otworu kanalizacji

T a b l i c a 4

Wartość wskaźników efektywności niezależnych od długości łączy

Lp.	Liczba łączy	Wskaźnik efektywności stacji końcowej E_{11} /zt/łączy/	Wskaźnik efektywności pomiarów i uruchomienia ze- strojów kabla E_{12} zt/łączy	Wartość wskaźnika efektyw- ności nie zależna od długo- ści łączy E_1 zt/łączy
1	120	6.063	31,5	6.094,5
2	240	7.061	24,5	6.085,5
3	360	5.552	22,5	5.574,5
4	480	5.680	21,5	5.701,5
5	600	5.651	20,5	5.671,5
6	720	5.467	20,0	5.487,0
7	840	5.552	20,0	5.572,0
8	960	5.549	19,5	5.568,5

kablowej przyjęto w wysokości 300 000 zł. Założono również, że jeden kilometr otworu kanalizacji kablowej może pomieścić maksymalnie 300 km torów kablowych. Całkowity koszt toru kablowego jest zatem sumą kosztu kabla i kosztu kanalizacji.

Mając nakłady na budowę jednego kilometra łącza wraz z kanalizacją, obliczono wskaźniki efektywności jednego kilometra łącza. Wskaźnik efektywności $E_{t,p}$ obliczono według następującego wzoru:

$$E_{t,p} = \frac{I_3/r+s/+K_z}{W} \quad /16/$$

Przyjęto następujące dane [3]:

I_3 - całkowity koszt toru kablowego,

r - stopa dyskontowa = 0,08,

s - średnia stawka amortyzacyjna = 0,03;

K_z - roczny koszt eksploatacji jednego kilometra toru kablowego = 28 zł na jedno kilometrołącze.

Ze względu na konieczność pupinizacji dwóch dodatkowych par w kablu, które są przeznaczone do wykrywania uszkodzonego regeneratora oraz dla łączności służbowej, obliczono dodatkowo wskaźnik efektywności K_z jednego kilometra toru pupinizowanego. Korzystano przy tym ze wzoru:

$$K_z = \frac{n_p K_4}{W} \quad /17/$$

gdzie:

n_p - liczba par w kablu,

K_4 - roczny koszt eksploatacji wynoszący 115 zł/km łącza [3],

W - liczba utworzonych łączy.

Wskaźniki efektywności E_{22} nieobstługiwanej stacji regeneratorskiej obliczono wg poniższego wzoru:

$$E_{22} = \frac{I_4/r+s/+K_5}{W} \quad /18/$$

przyjmując wg [3]:

r - stopa dyskontowa = 0,08,

s - średnia stawka amortyzacyjna = 0,07

K_5 - ponieważ roczny koszt eksploatacji został już uwzględniony przy obliczaniu wskaźnika efektywności toru kablowego w niniejszym wzorze

$$K_5 = 0.$$

Następnie obliczono składnik efektywności łącza cyfrowego TCK-30 proporcjonalny do jego długości. Wskaźnik efektywności E_{21} traktu liniowego TCK-30, bez nieobstugiwanej stacji regeneracyjnej, obliczono z następującego wzoru:

$$E_{21} = 2E_t + \frac{2kE_p}{W} \quad /19/$$

gdzie:

E_t - wskaźnik efektywności jednego podstawowego łącza,

E_p - wskaźnik efektywności jednego dodatkowego toru kablowego,

W - liczba realizowanych łączy,

k - współczynnik liczby torów dodatkowych.

Tablica 5 zawiera obliczone wskaźniki efektywności traktu liniowego TCK-30 proporcjonalne do jego długości. Obliczone wartości wskaźników efektywności łącza w funkcji długości i liczby łączy zamieszczono w tablicy 6. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza w systemie TCK-30 w zależności od liczby łączy i długości łącza przedstawiono w tablicy 7.

4.3.2. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCK-30 bez budowy kabla

W przypadku uwielokrotnienia istniejącego kabla wskaźnik efektywności pojedynczego łącza, zapisany wzorem /13/, będzie pomniejszony o wskaźnik efektywności toru kablowego wraz z kanalizacją E_{21} występujący we wskaźniku proporcjonalnym do długości łącza. Zatem wzór /8/ będzie miał obecnie następującą postać:

$$E_{LC2} = 2E_1 + 1E_{22} \quad /20/$$

Wskaźnik efektywności E_1 zawiera dwa składniki:

$$E_1 = E_{11} + E_{12} \quad /21/$$

Wartość wskaźników efektywności traktu liniowego TCK-30 w zależności od liczby łączy

Lp.	Liczba łączy	Wartość wskaźnika efektywności traktu liniowego E ₂₁	Wartość wskaźnika efektywności NSR E ₂₂ zł/km łączy	E ₂ zł/km łączy
1	120	896	70	966
2	240	624	69	693
3	360	616	60	676
4	480	459	63	522
5	600	385	63	448
6	720	330	61	391
7	840	505	62	567
8	960	447	63	510

Tablica 6

Wartości wskaźników efektywności łącza w zależności od liczby łączy i długości łącza

Lp.	Liczba łączy	Wskaźnik efektywności E_2	$E_2 \times l$							
			5 km	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km	35 km	40 km
1	120	968	4.840	3.680	14.520	19.360	24.200	29.040	39.770	38.720
2	240	693	3.465	6.930	10.395	13.860	17.325	20.790	24.255	27.720
3	360	676	3.389	6.760	10.140	13.520	16.900	20.280	23.660	27.040
4	480	522	2.610	5.220	7.830	10.440	13.050	15.660	18.270	20.880
5	600	448	2.240	4.480	6.720	8.960	11.200	13.440	15.680	17.920
6	720	391	1.955	3.310	5.865	7.820	3.775	11.730	13.685	15.640
7	840	567	2.835	5.670	8.505	11.340	14.175	17.010	13.845	22.680
8	960	510	2.550	5.100	7.650	10.200	12.750	15.300	17.850	20.400

T a b l i c a 7

Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza w systemie TCK-30 w zależności od liczby łączy i długości łącza

Lp.	Długość łącza km	$E_{\text{ŁC1}} = 2 E_1 + 1 E_2$									
		120 łączy	240 łączy	360 łączy	480 łączy	600 łączy	720 łączy	840 łączy	960 łączy		
1	5	17.029	15.635	24.531	14.013	13.583	12.929	13.979	13.687		
2	10	21.868	19.101	17.909	16.623	15.823	14.884	16.814	16.237		
3	15	26.709	22.566	21.289	19.233	18.063	16.839	19.649	18.787		
4	20	31.549	26.031	24.669	21.843	20.303	18.794	22.484	21.337		
5	25	36.389	29.496	28.049	24.453	22.543	20.749	25.319	23.887		
6	30	41.229	32.965	31.428	27.064	24.783	22.704	28.154	16.437		
7	35	46.069	36.426	34.809	29.673	27.023	24.659	30.989	28.987		
8	40	50.909	39.891	38.189	32.283	29.263	26.614	33.824	31.537		

Wskaźnik E_{12} dotyczy pomiarów kabli, uruchomienia realizowanych zestawów, a ponadto również zakończenia kabla. W przypadku uwielokrotnienia istniejącego kabla należy ze wskaźnika E_{12} wyłączyć koszty dotyczące zakończenia kabla. Jak jednak stwierdzono, wartość wskaźnika E_{12} ulegnie tak minimalnemu obniżeniu, że zaniechano tej operacji.

Tablica 8 zawiera obliczone wskaźniki efektywności pojedynczego łącza w systemie TCK-30, w przypadku uwielokrotnienia istniejącego kabla.

4.4. Struktura i wskaźniki efektywności teletransmisyjnego systemu cyfrowego TCC-120

W skład urządzeń systemu TCC-120 wchodzi urządzenia końcowe i urządzenia traktu liniowego. Ponieważ rozpatrywana jest realizacja łącza między centralami systemu Strowgera /lub Pentaconta/, w skład urządzeń końcowych wchodzi krotnice cyfrowe KWZ TCC-120, krotnice cyfrowe TCK-30 oraz zakończenia kanałowe - translacje typu GAS.

Trakt liniowy składa się z kabla typu ALTKDNXpx o średnicy żył 0,8 mm oraz z nieobsługiwanych stacji regeneracyjnych. Rozpatrywane były przypadki realizacji od 120 do 960 łączy.

Wskaźnik efektywności E_{tC3} pojedynczego łącza w każdym systemie - zarówno analogowym jak i cyfrowym - jest określony następującym wzorem:

$$E_{tC3} = 2E_1 + 21E_2 \quad /22/$$

oznaczenia jak w punkcie 4.3.1.

Wartość E_1 składa się z następujących składników

$$E_1 = E_{11} + E_{12} \quad /23/$$

gdzie:

E_{11} - wskaźnik efektywności stacji końcowej,

E_{12} - wskaźnik efektywności zakończenia kabla, pomiarów kabla i uruchomienia zestawów.

Składnik E_2 jest określony następującym wzorem

$$E_2 = E_{21} + E_{22} \quad /24/$$

T a b l i c a 8

Wskaźnik efektywności pojedynczego łącza systemu TCK-30 w przypadku uwielokrotnienia istniejącego kabla w zależności od liczby łączy i długości łącza

Lp.	Długość łącza km	$E = 2E_1 + E_2 \times l$ zł/łącze									
		120 łączy	240 łączy	360 łączy	480 łączy	600 łączy	720 łączy	840 łączy	960 łączy		
1	5	12.539	12.516	11.449	11.718	11.658	11.279	11.454	11.452		
2	10	12.889	12.861	11.749	12.033	11.973	11.584	11.764	11.767		
3	15	13.239	13.206	12.049	12.348	12.288	11.889	12.074	12.082		
4	20	13.589	13.551	12.549	12.669	12.603	12.194	12.384	12.337		
5	25	13.939	13.896	12.649	12.978	12.918	12.499	12.694	12.712		
6	30	14.289	14.241	12.949	13.293	12.293	12.804	13.004	13.027		
7	35	14.639	14.586	13.249	13.608	13.548	13.109	13.314	13.342		
8	40	14.989	14.951	13.549	13.923	13.863	13.414	13.624	13.657		

gdzie:

E_{21} - wskaźnik efektywności toru kablowego wraz z kanalizacją,

E_{22} - wskaźnik efektywności nieobstugiwanej stacji regeneracyjnej.

Aby obliczyć wskaźnik efektywności E_1 , należy określić koszty stacji końcowej oraz zakończenie kabla, pomiarów kabla i uruchomienie zestawów.

Koszt $K_{st.k2}$ stacji końcowej określono wg poniższego wzoru

$$K_{st.k2} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 + K_7 \quad /25/$$

gdzie:

K_1 - koszt urządzeń końcowych TCC-120,

K_2 - koszt urządzeń końcowych TCK-30,

K_3 - koszt translacji typu GAS,

K_4 - koszt przyrządów pomiarowych,

K_5 - koszt zaopatrzenia, transportu i składowania,

K_6 - koszt montażu,

K_7 - koszt uruchomienia i pomiarów stacyjnych.

Koszt przyrządów pomiarowych K_4 przyjęto w wysokości 1.800.000 zł na jedną stację.

Wskaźniki E_{11} obliczono wg wzoru /2/ podstawiając następujące dane [3]

r - stopa dyskontowa = 0,08,

s - średnia stawka amortyzacyjna = 0,07,

K_6 - roczny koszt eksploatacji przyjęty w wysokości 3.200 zł/translację.

Wartości współczynników efektywności niezależnych od długości łącza podane są w tabelicy 9.

Wskaźniki efektywności jednego kilometra łącza wraz z kanalizacją kablową obliczono wg wzoru, przyjmując dane z [3]:

$$E = \frac{I_7}{W/r+s} + K_7 \quad /26/$$

gdzie:

$\frac{I_7}{W}$ - nakłady na budowę jednego kilometra łącza wraz z kanalizacją kablową,

r - stopa dyskontowa = 0,08,

T a b l i c a 9

Wartość współczynników efektywności niezależnych od długości łącza

Lp.	Liczba łączy	E_{11}	E_{12}	$E_{11} + E_{12}$
1	120	9.638	60,5	9.698,5
2	240	8.197	32,5	8.229,5
3	360	7.565	23,0	7.588
4	480	7.366	18,5	7.384,5
5	600	7.332	15,5	7.347,5
6	720	7.160	14	7.174
7	840	7.102	12,5	7.114,5
8	960	7.058	11,5	7.069,5

s - średnia stawka amortyzacyjna = 0,03,

K_7 - roczny koszt eksploatacji równy 115 zł/km łącza.

Wskaźniki efektywności nieobsługiwanej stacji regeneratorowej obliczono wg poniższego wzoru:

$$E_{22} = \frac{I_8 / (r+s) + K_8}{W} \quad /27/$$

gdzie:

$r = 0,08$;

$s = 0,07$;

$K_8 = 0$, ponieważ roczny koszt eksploatacji został już uwzględniony przy obliczaniu wskaźnika efektywności łącza.

Następne tabele zawierają w kolejności:

W tabelicy 10 podano wskaźnik efektywności E_2 zależny od długości i liczby realizowanych łączy, zaś w tabelicy 11 przedstawiono wskaźnik efektywności IE_2 w zależności od liczby realizowanych łączy i długości łączy. Natomiast tablica 12 zawiera wskaźnik efektywności pojedynczego łącza systemu TCC-120 w zależności od liczby i długości łączy.

T a b l i c a 10

Wskaźnik efektywności E_2 zależny od długości łączy w zależności od liczby łączy

Lp.	Liczba łączy	E_{21} zł/km/łączy	E_{22} zł/km/łączy	$E_2 = E_{21} + E_{22}$ zł/km/łączy
1	120	892	18	910
2	240	505	11	516
3	360	375	9	384
4	480	310	8	318
5	600	272	8	280
6	720	245	7	252
7	840	226	9	233
8	960	211	8	218

T a b l i c a 11

Wskaźnik efektywności $E_2 \times l$ w zależności od liczby łączy

Lp.	Liczba łączy W	E_2 zł/km łączy	$E_2 \times l$							
			$l=5$ km	$l=10$ km	$l=15$ km	$l=20$ km	$l=25$ km	$l=30$ km	$l=35$ km	$l=40$ km
1	120	910	4.550	9.100	13.650	18.200	22.750	27.300	31.850	36.400
2	240	516	2.580	5.160	7.740	10.320	12.900	15.480	18.060	20.640
3	360	384	1.920	3.840	5.760	7.680	9.600	11.520	13.440	15.360
4	480	318	1.590	3.180	4.770	6.360	7.950	9.540	11.130	12.720
5	600	280	1.400	2.800	4.200	5.600	7.000	8.400	9.800	11.200
6	720	252	1.260	2.520	3.780	5.040	6.300	7.560	8.820	10.080
7	840	235	1.175	2.350	3.525	4.700	5.875	7.050	8.225	9.400
8	960	219	1.095	2.190	3.285	4.380	5.475	6.570	7.665	8.760

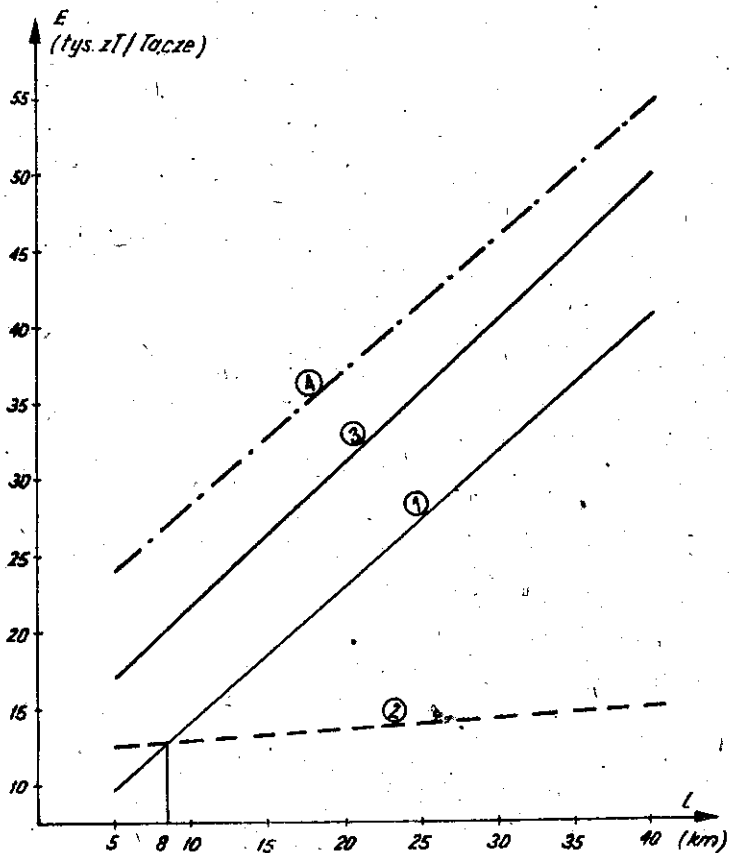
T a b l i c a 12

Wskaźnik efektywności pojedynczego łącza systemu TCC-120 w zależności od liczby i długości łączy.

Lp.	Liczba łączy W	$E = 2E_1 + 1E_2$ /zł/łącze/							
		5 km	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km	35 km	40 km
1	120	23.947	28.497	33.047	37.397	42.147	46.697	51.247	55.797
2	240	19.030	21.610	24.199	26.779	29.350	31.939	34.519	37.099
3	360	17.096	19.016	20.936	22.856	24.776	26.696	28.616	30.536
4	480	16.359	17.949	19.539	21.129	22.719	24.309	26.899	27.489
5	600	16.095	17.495	18.895	20.295	21.695	23.095	24.495	25.895
6	720	15.608	16.868	18.128	19.388	20.648	21.908	23.168	24.428
7	840	15.404	16.579	17.754	18.929	20.104	21.279	22.454	23.629
8	960	15.234	16.329	17.424	18.519	19.614	20.709	21.804	22.899

4.5. Interpretacja otrzymanych wyników

Wyniki obliczeń przedstawiono w formie wykresów. Na rysunku 2 pokazano zależność wskaźników efektywności jednego łącza analizowanych systemów w zależności od długości traktu liniowego przy realizacji 120 łączy.



- ① - koszt budowy kabla w systemie telefonii naturalnej
- ② - koszt uwielokrotnienia istniejącego kabla systemem TCK-30
- ③ - koszt budowy kabla i uwielokrotnienia go systemem TCK-30
- ④ - koszt budowy kabla i uwielokrotnienia go systemem TCC-120

Rys. 2. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 120 łączy

Widać z tego rysunku, że systemy TCK-30 i TCC-120 są znacznie droższe od systemu telefonii naturalnej, wyjąwszy następujący przypadek: przy długo-

ściach powyżej 8 km ekonomicznie uzasadnione jest - w przypadku istniejących już kabli między dwiema centralami - zainstalowanie systemu TCK-30 i uwielokrotnienie istniejącego kabla. Na rysunku 3 pokazano te same zależności dla 240 łączy. Zależności ekonomiczne między poszczególnymi systemami są podobne jak przy 120 łącach. Uwielokrotnienie istniejącego kabla systemem TCK-30 jest opłacalne począwszy od 10,5 km. Warto zauważyć, że od rysunku 4 uwidoczniło się zmiany w zależnościach ekonomicznych pomiędzy analizowanymi systemami.

Przy realizacji 360 łączy począwszy od 10,5 km opłacalne jest uwielokrotnienie istniejącego kabla systemem TCK-30. W przypadku budowy nowej linii kablowej, ekonomicznie uzasadnione jest zastosowanie systemu naturalnego przy długości linii do 38 km, a powyżej tej wartości opłacalne jest stosowanie systemu TCC-120.

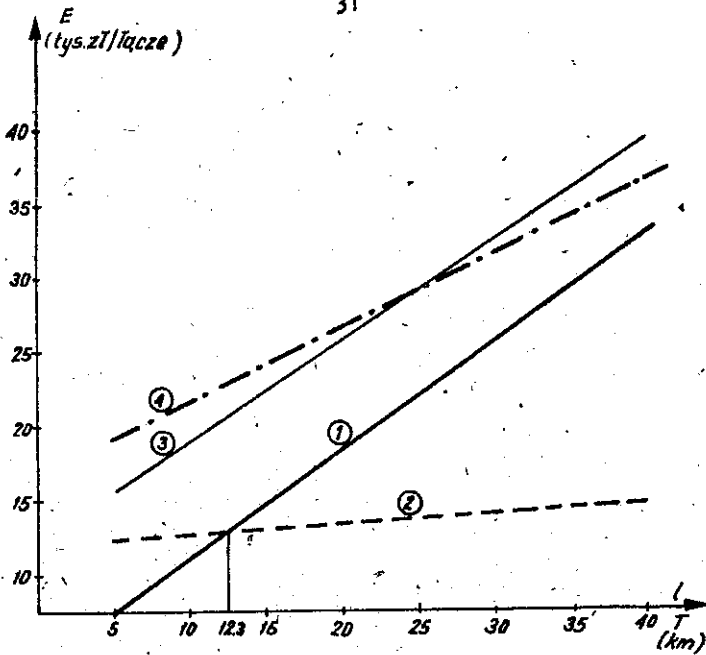
Rysunek 5 przedstawia odpowiednie zależności obliczone dla 480 łączy. Zwraca uwagę, że nastąpiło wyraźne obniżenie granicy opłacalności stosowania systemu TCC-120, system ten jest opłacalny począwszy od 29,3 km. Pozostałe zależności nie uległy zmianie.

Przy realizacji 600 łączy /rys. 6/ system TCC-120 jest opłacalny począwszy od 26 km, a uwielokrotnienie istniejącego kabla systemem TCK-30 nawet od 10,8 km.

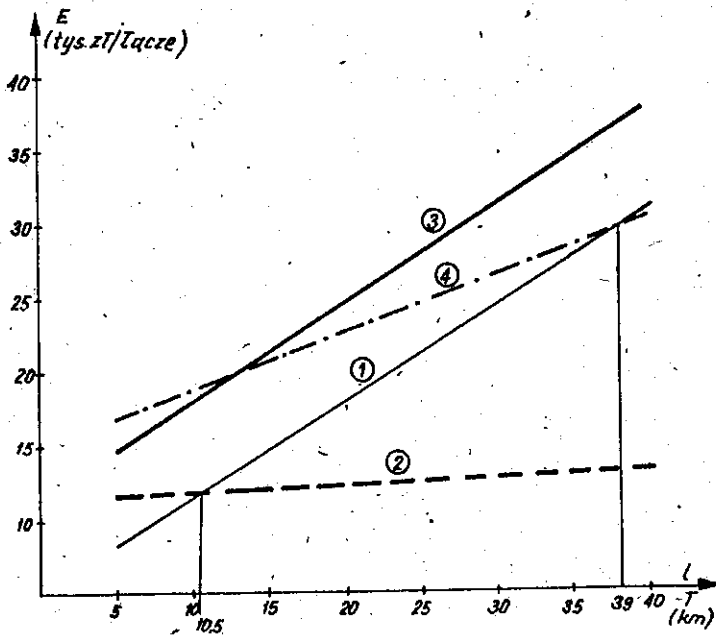
Na rysunku 7 przedstawiono zależności dla 720 łączy. W przypadku istnienia możliwości uwielokrotnienia istniejącego kabla systemem TCK-30, jest to opłacalne począwszy od 9,6 km. Poniżej tej wartości jest bardziej opłacalna budowa kabla wyposażonego w systemy telefonii naturalnej. Jeżeli zachodzi potrzeba budowy nowej linii to przy odległościach od 21 km do 24,8 km najtańszy jest system TCK-30, natomiast powyżej 24,8 km należy stosować system TCC-120.

Rysunek 8 przedstawia te same zależności, lecz dla 840 łączy. Granice opłacalności stosowania analizowanych systemów kształtują się następująco:

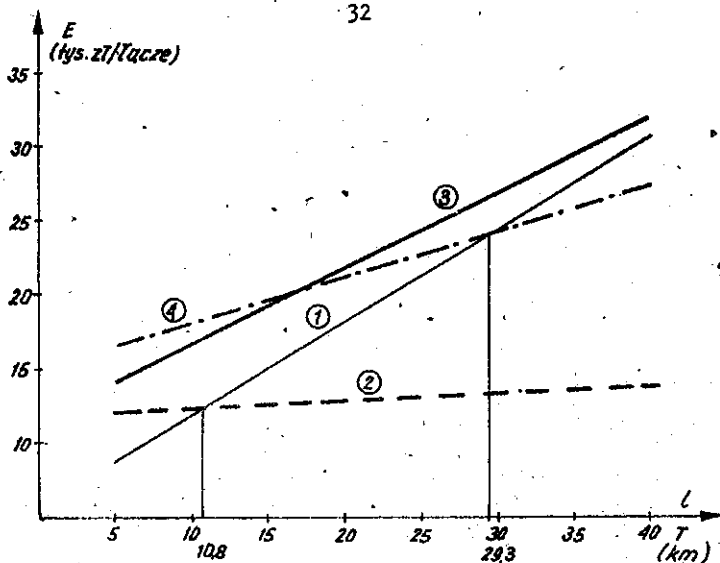
- poniżej 12 km opłacalne jest stosowanie systemu naturalnego,
- od 12 km ekonomicznie uzasadnione jest uwielokrotnienie istniejącego kabla systemem TCK-30,
- w przypadku budowy nowej linii od 23,75 km opłacalne jest zastosowanie systemu TCC-120.



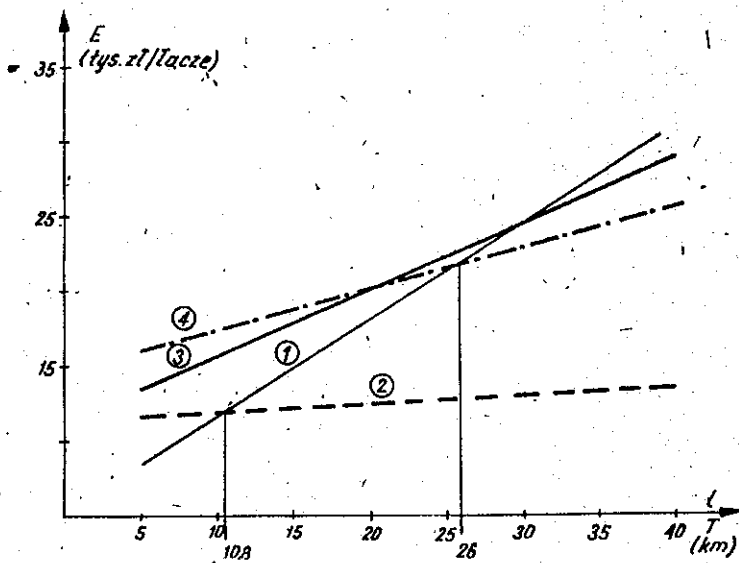
Rys. 3. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 240 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



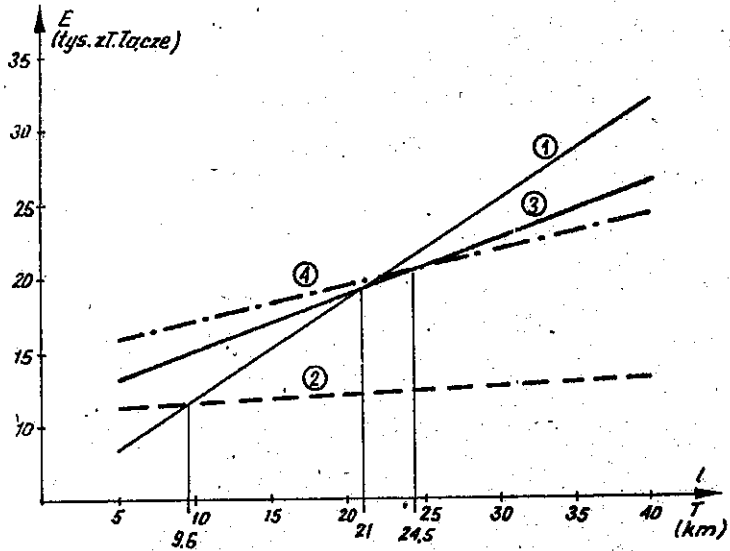
Rys. 4. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 360 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



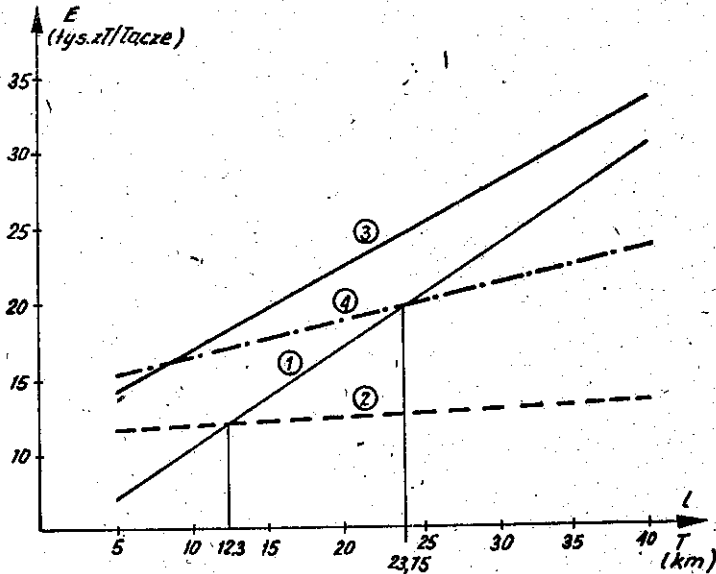
Rys. 5. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 480 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



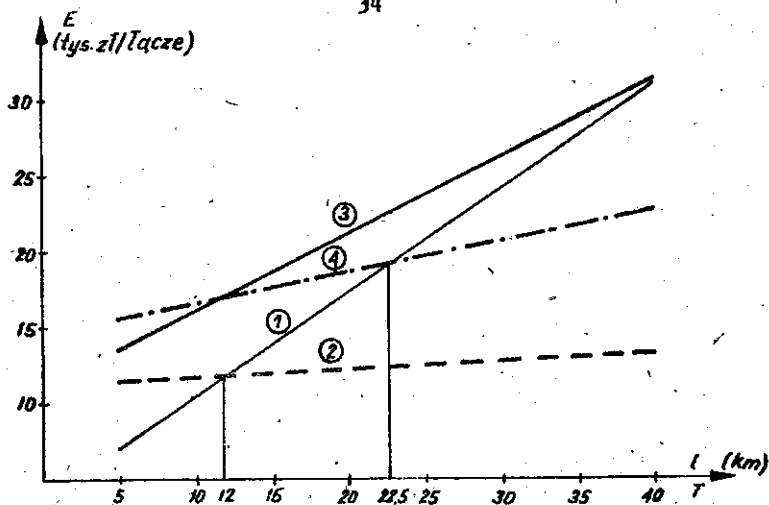
Rys. 6. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 600 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



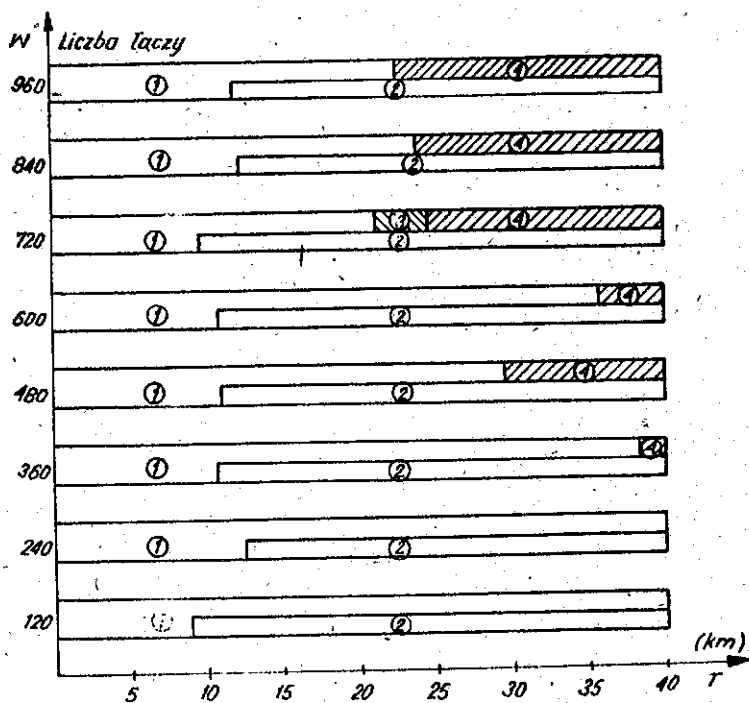
Rys. 7. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 720 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



Rys. 8. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 840 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



Rys. 9. Wskaźniki efektywności pojedynczego łącza przy realizacji 960 łączy
Oznaczenia jak na rysunku 2



Rys. 10. Zakresy ekonomicznie optymalnego zastosowania systemów TCK-30 i TCC-120

- ① - budowa kabla w systemie telefonii naturalnej
- ② - uwielokrotnienie istniejącego kabla systemem TCK-30
- ③ - budowa kabla i uwielokrotnienie systemem TCK-30
- ④ - budowa kabla i uwielokrotnienie systemem TCC-120

Zależności ekonomiczne przy realizacji 960 łączy przedstawiono na rysunku 9. Mają one taki sam charakter jak przy budowie 840 łączy. Nastąpiło jedynie obniżenie granicy opłacalności stosowania systemu TCC-120 - począwszy od 22,5 km.

Na rysunku 10 przedstawiono zakresy ekonomicznie optymalnego zastosowania teletransmisyjnych systemów cyfrowych TCK-30 i TCC-120.

5. WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy, z ekonomicznego punktu widzenia wynika, że w sieciach wewnątrzstrefowych można stosować teletransmisyjne systemy cyfrowe TCK-30 i TCC-120 - począwszy od 10,5 km. Ponadto ekonomicznie uzasadnione jest uwielokrotnienie istniejących kabli międzycentralowych systemem TCK-30, niezależnie od liczby realizowanych łączy.

Przy wyciąganiu dalszych wniosków należy pamiętać, że niniejsza analiza nie jest opracowaniem trwałym. Jej aktualność zależy od zmiennych w czasie kosztów analizowanych systemów cyfrowych, a także od innych kosztów i wskaźników. Przeciętnie co 5-7 lat ukazują się nowe generacje systemów cyfrowych. Na początku był system TCK-24, obecnie stosowany już jest system TCK-30 i - niebawem - TCC-120, a przewidywane są nowe systemy jak TCC-480 i TCC-1920. Ponadto ciągły rozwój technologii, szczególnie podzespołów, zmusza producentów sprzętu do nieustannej ich modernizacji, co wpływa na zmiany kosztów poszczególnych składników i na zmiany kosztów całkowitych. Biorąc pod uwagę zalety techniczno-ekonomiczne systemów PCM, należy oczekiwać, iż w najbliższych latach systemy te staną się dominujące w sieciach wewnątrzstrefowych.

WYKAZ LITERATURY

1. Ocena ekonomicznej efektywności inwestycji i innych zamierzeń rozwojowych. PWE, Warszawa 1974.
2. Systemy sieci zintegrowanej. Praca zbiorowa pod kierunkiem Wł. Majewskiego. WKE, Warszawa 1978.
3. Wskaźniki eksploatacyjne telekomunikacji. BSiPE, Warszawa 1973.

4. Wymagania techniczno-eksploatacyjne na odcinki regeneracyjne kabli w nowo budowanych liniach kablowych, wykorzystywane dla systemów cyfrowych małej krotności. IŁ, Warszawa 1976.
5. Wytoczne branżowe w sprawie oceny ekonomicznej efektywności inwestycji i innych zamierzeń rozwojowych łączności. MŁ, Warszawa 1977.

ISSN 0209-1046

