

Przy połączeniu więc powyżej wyszczególnionych elektrowni istniejących otrzymamy w sumie moc zainstalowaną ok. 780.000 kW przy sumie szczytów ok. 350.000 kW. Nadwyżka więc wynosi ok. 430.000 kW. Jeżeli zważymy, że wypadkowy szczyt połączonych elektrowni będzie mniejszy od sumy szczytów, gdyż nie będą one wszędzie równoczesne, otrzymamy nadwyżkę jeszcze większą. Z drugiej strony należy jednak zauważyć, że na moc zainstalowaną, policzoną wg statystyki urzędowej z roku 1934, składają się w niektórych elektrowniach również częściowo stare małe jednostki maszynowe, które do pracy równoległej na sieć państwową nadawać się nie będą.

Ponieważ większa część mocy zainstalowanej przypada na elektrownie węglowe w Zagłębiu Węglowym na południowo-zachodnim krańcu Państwa, konieczna jest rozbudowa istniejących elektrowni w innych częściach kraju i budowa nowych — możliwie u źródeł energii. Z tego względu należy rozbudowywać przede wszystkim następujące elektrownie:

B. BROJEKTOWANA ROZBUDOWA ELEKTROWNI ISTNIEJĄCYCH

Elektrownia: w Mościcach, we Lwowie, Miejska w Warszawie, na łączną moc ok. 65.000 kW.

Wreszcie należy pobrać nowe elektrownie ciepłe i wodne.

C. ELEKTROWNIE NOWE W BUDOWIE:

Elektrownia wodna w Rożnowie na Dunajcu o mocy zainstalowanej 50.000 kW.

D. ELEKTROWNIE NOWE PROJEKTOWANE:

1. Wodne:

a) w Czchowie na Dunajcu o mocy zainstalowanej 10.000 kW; b) w Solinie na Sanie o m. z. ok. 22.000 kW; c) w Myczkowcach na Sanie o m. z. ok. 5.000 kW; d) w Lesku na Sanie o m. z. ok. 7.000 kW.

2. Ciepłe:

a) w nowym okręgu przemysłowym (w widłach Wisły i Sanu) o m. z. ok. 60.000 kW; b) elektrownia gazowa w Jasielsku o m. z. ok. 50.000 kW; c) elektrownia gazowa Daszawie o m. z. ok. 50.000 kW. na łączną moc ok. 204.000 kW.

Nowe elektrownie ciepłe winny być projektowane o jednostkach maszynowych co najmniej ok. 20.000 kW z możliwością kilkakrotnej rozbudowy.

Załączony kosztorys sieci b. wysokiego napięcia i stacyj transformatorowych nie rości sobie pretensji do absolutnej dokładności, gdyż na to trzeba by w każdym miejscu znać dokładnie warunki lokalne; musi on być uważany za kosztorys przybliżony, pozwalający zorientować się z jakiego rzędu kosztami należy się liczyć²⁾

PROJEKT. Przybliżony kosztorys inwestycji dalekosiężnych sieci elektrycznych b. wysokiego napięcia w okręgach południowych i centralnych Polski, na okres 12 lat (trzech czteroleci) przewiduje wydatki: 55,5 mil. zł., w pierwszym czteroleciu, 53 mil. zł. — w drugim i 48,7 mil. zł. — w trzecim czteroleciu.

Inż. M. Günther — Mościce, Z. P. I. E.

¹⁾ Projekt przewiduje w ten sposób kilka magistrali w kierunku północnym, połączonych ze sobą w kilku miejscach, a więc uzupełniających się i stanowiących wzajemną pomoc i rezerwę, a tym samym zwiększających zdolność przesyłową całości. Z biegiem czasu o ileby w razie wzrostu konsumpcji zaszła tego potrzeba, będzie mogła być ilość magistrali z południa na północ zwiększona, lub też oka zaprojektowanej siatki sieci 150 kV jeszcze poprzecinane liniami poprzecznymi. Przy bardzo dużym wzroście konsumpcji na istniejącą już sieć 150 kV należałoby jakgdyby nałożyć sieć o napięciu 380 kV o większych okach siatki.

²⁾ Ze względu na brak miejsca kosztorys ten wydrukowano w silnym skrócie, podając tylko cyfry ostateczne (przypisek redakcji).

Zagadnienie komunikacji kolejowej

Wstęp. 1. Rozwój gospodarczy państwa jest warunkowany w głównej mierze należytych rozwojem komunikacji.

Sprawa komunikacji bowiem, dając oszczędność czasu i środków przy wykonywaniu odległości, stwarza szereg ułatwień i nowych możliwości, które są niezbędne do podniesienia stanu gospodarstwa i do ogólnego postępu cywilizacji.

2. Wprawna i celowo zaprojektowana komunikacja podnosi również ogromnie obronność państwa, przede wszystkim pośrednio przez umożliwienie należytego rozwoju gospodarczego, następnie bezpośrednio przez możliwość oddania swych usług na cele wojskowości.

„Względy strategiczne” należy wszakże traktować jedynie jako korektę linii mających znaczenie gospodarcze, albo jako ich uzupełnienie. Zawsze moż-

na bowiem znaleźć rozwiązanie, które czyniąc zadość względom natury obronnej będzie jednocześnie odpowiadało potrzebom ściśle gospodarczym.

1. Teza wyjściowa. Nasza sieć kolejowa jest nader słabo rozwinięta i niedostateczna w całokształcie całej naszej również słabej sieci komunikacyjnej.

Dalszy szybki (również ze względu na obronę kraju) rozwój sieci kolejowej stanowić musi jedną z głównych pozycji naszych inwestycji.

Sieć kolejowa winna być podwojona przy dzisiejszym zaludnieniu, żeby się zbliżyć do norm przeciętnych Zachodu, norm nawet niższych od tych, które posiadamy na terenie byłego zaboru niemieckiego. Ażeby dojść do tych norm należy potroić sieć w granicach byłego zaboru rosyjskiego i podwoić w granicach austriackiego.

Dotychczasowy wysiłek państwowego budow-

nictwa w kierunku rozwoju sieci kolejowej jest niedostateczny. Porównanie norm charakteryzujących obsługę kraju kolejami wskazuje, że od roku 1924 do 1935 normy te, wynoszące mniej niż 50% norm koniecznych, nie wzrosły, a przeciwnie jeszcze się obniżyły, cofając Polskę w porównaniu z Zachodem.

Tak wielkiemu zadaniu aparat państwowy nie może podołać. Inwestycje tego rodzaju nie mogą być pokrywane z dochodów eksploatacyjnych kolei. Należy oprzeć się na długoterminowych pożyczkach i koncesjach. Należy poczynić kroki, ażeby inicjatywa prywatna i po części samorządowa wzięły na siebie znaczną część prac przy rozwoju sieci kolejowej na podstawie koncesjonowanych towarzystw kolejowych.

Ludność wzrasta w Polsce szybko i liczba potrzebnych linii kolejowych może być w przyszłości jeszcze większa od wskazanej, szczególnie, jeżeli się jednocześnie życie zintensyfikuje jak na Zachodzie i jeżeli Polska ma wchodzić w skład Europy I, a nie II (Delaisi).

Należy opracować śmiały generalny plan na przyszłość, jak to uczyniła Francja 100 lat temu (Thiers 1833, Freyssinet 1878).

Racjonalne przywiązanie sieci różnych środków transportu i odpowiednie ich rozwijanie, oraz znalezienie najodpowiedniejszych form współpracy jest warunkiem podstawowym należytego rozwiązania komunikacji.

2. Kolej na tle zagadnień ogólnokomunikacyjnych. Plan rozwoju dróg żelaznych powinien stanowić część składową ogólnego planu komunikacyjnego kolejowo-drogowo-wodnego.

Entuzjastycznie przyjęty samochód, eksploatowany daleko swobodniej i z mniejszymi ograniczeniami ze strony organów państwowych, niż kolej, wprowadził we wszystkich krajach kulturalnych pewną dezorientację, co do roli poszczególnych środków komunikacji.

Obecnie w krajach w silnym stopniu zmotoryzowanych wyjaśnia się jego rolę i dąży się do skoordynowania tych środków komunikacyjnych, które sobie winny pomagać, a nie konkurować.

Należy u nas jak najspieszniej ustalić jasny pogląd na rolę samochodu, jako środka komunikacyjnego, ażeby uniknąć konkurencji i niezdrowego zużycia zasobów społeczeństwa. Przeinwestowanie w komunikacji, jak wskazuje przykład szczególnie U. S. A. prowadzi do podrożenia taryf.

Zarobkowy ruch samochodowy powinien być regulowany bardzo ściśle co do kierunku i taryf, lub upaństwowiony (Niemcy projekt). Zmusza do tego ustrój taryf kolejowych, opartych nie na koszcie własnym, a na wymaganiach życia społeczeństwa.

Pozostawiając swobodę osobistych jazd i przewozów (z ograniczeniem) właścicielom samochodów, należy upatrywać rolę samochodu w przewozach handlowych w ruchu na małe odległości, przy niedużym natężeniu przewozów, ponieważ koszt przewozu t/km samochodami oblicza się znacznie drożej od kolejowego w całokształcie gospodarstwa państwa.

Należy więc ustalić rolę kolei jako dowożącego a samochodu jako rozwożącego środka.

Sieć dróg samochodowych nie może mieć układu konkurencyjnego.

Dla słusznego zgrania kolei z samochodem wysuwa się obecnie w U. S. A. formowanie towarzystw terenowych komunikacyjnych kolejowo-samochodowych, w Niemczech zaś upaństwowienie zarobkowego ruchu samochodowego. Pierwsza myśl jest zdrowa przy konieczności powstania prywatnego kolejniactwa.

Budowa magistralnych dróg kołowych, dostosowanych do szybkich przewozów na duże odległości (autostrad) może być celowa z ekonomicznego punktu widzenia jedynie wówczas, jeżeli ze względu na ogromnie intensywny ruch, istniejące środki komunikacji są nie wystarczające i jest gwarancja pojawienia się na autostradzie ruchu odpowiadającego jej przepływności i kosztom.

Drogi wodne do tanich przewozów masowych są pożądane ze względów ogólnie gospodarczych, jeżeli koszty ich budowy i utrzymania nie obciążają całkowicie komunikacji, a są spowodowane w dużej mierze obroną przed powodzią, oraz względami melioracyjnymi i energetycznymi.

3. Wytyczne podstawowe do projektowania komunikacji kolejowej. Wytyczne do projektowania komunikacji kolejowej będą zatem następujące:

1. zwracać przede wszystkim uwagę na należyte zaprojektowanie, względnie ulepszenie linii ogólnego znaczenia, przystosowanych do wielkich i szybkich przewozów na duże odległości.

2. Linie drugorzędne budować na ulgowych warunkach technicznych, dążąc do obniżenia kosztów stałych, a przede wszystkim kosztów stacyjnych, które decydują niejednokrotnie o rentowności całej linii.

3. Linie znaczenia miejscowego budować tam i wtedy, gdy przewozy osiągnąć mogą wielkość, przy których koszt własny będzie przy przewozach kolejowych niższy od przewozu samochodowego.

Do tej chwili i poniżej tej normy wystarczy ruch samochodowy, pod warunkiem, że będzie on obsługiwał wszystkie rodzaje przewozów na warunkach bliskich do kolejowych.

4. Dążąc do powiększenia handlowej szybkości przewozów, zwrócić należy przede wszystkim uwagę na usprawnienie rozrządzania, a zatem na należyte rozmieszczenie i układ stacyj rozrządowych oraz zmniejszenie ich ilości.

Należy zwrócić uwagę, że ze względu na brak istotnego współzawodnictwa innych środków przewozowych koleje nasze pozostały w tyle w stosunku do zagranicy pod względem usprawnienia i udogodnienia przewozów. Jest to wyraźną szkodą ekonomiczną, nie pozwala bowiem na pełne wyzyskanie możliwości, jakie daje kolej. Należy zatem dążyć do wprowadzenia listów przewozowych i biletów kombinowanych na różne rodzaje komunikacji, na urządzenie tzw. punktów rozdzielczych przeładunku na samochody, na umożliwienie przewozów od drzwi do drzwi itp.

4. Metoda i technika projektowania sieci kolejowej. Na mocy wyżej podanych założeń, położyliśmy przede wszystkim nacisk w I okresie rozwoju sieci kolejowej, na prawidłowy układ magistrali i linii pierwszorzędnych.

Dajemy więc jedynie program rozwoju sieci kolejowej I okresu, na najbliższe lata, uwzględniający linie I i 2-rzędne. Linie miejscowego znaczenia potrzebne już w tym okresie wysunie życie, a inicjatywa

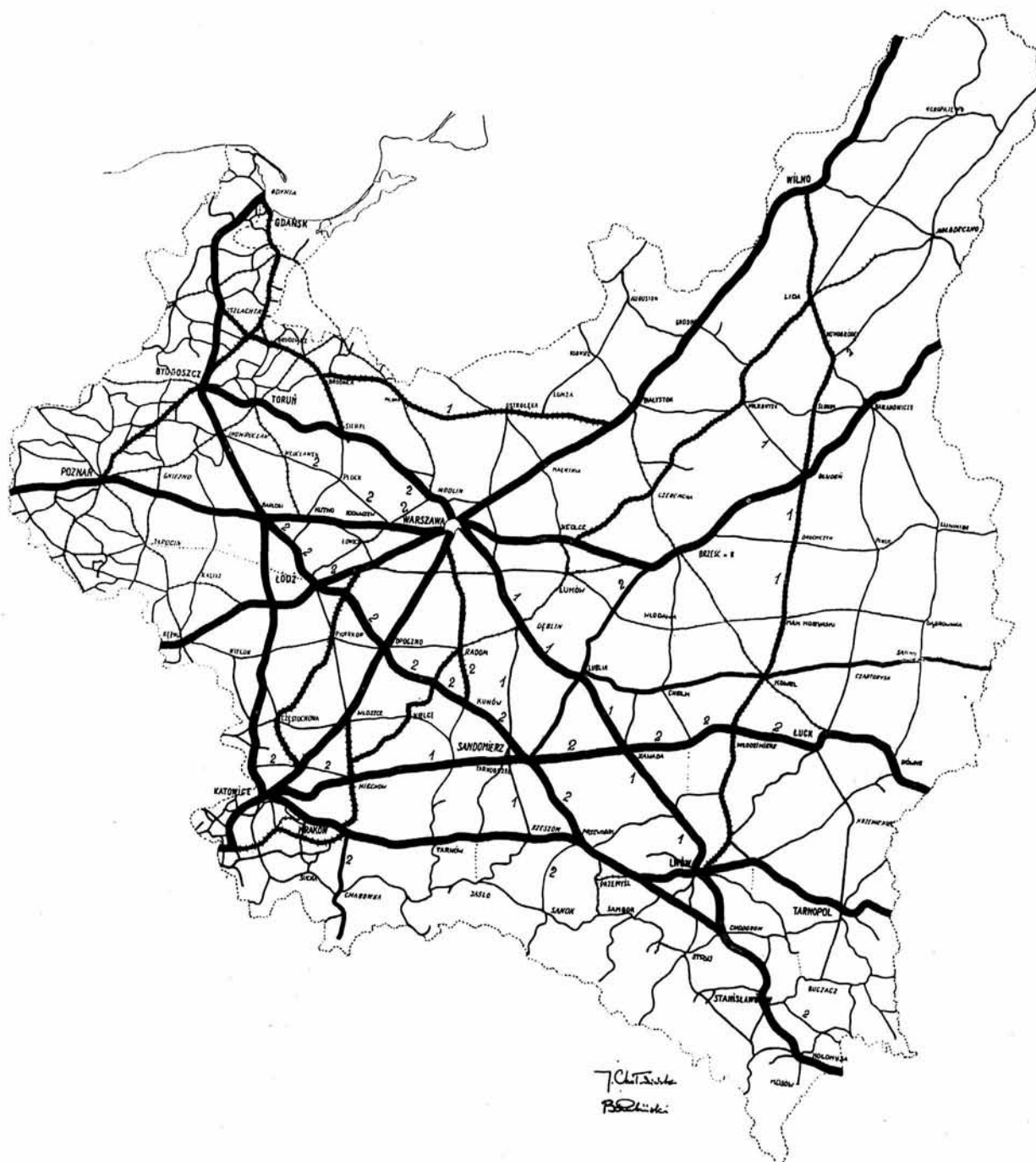
wyjdzie od czynników miejscowych w zależności od potrzeb i koniunktury.

Zaprojektowanie racjonalnej sieci kolejowej na dłuższy okres lat jest sprawą nader pilną, ale i trudną i wymaga pracy specjalnego organu techniczno-ekonomicznego.

Technika naszego projektowania ogólnego układu komunikacji polegała na stworzeniu szeregu układów, odpowiadających różnym dziedzinom życia gospodarczego. Opracowano mianowicie:

1. mapę rozwoju węgla, 2. mapę rozwoju bogactw kopalnianych i artykułów przemysłowych, 3. mapę rozwoju materiałów budowlanych, 4. mapę rozwoju produktów rolniczych, 5. mapę przewozów tranzytowych.

Jako materiał pomocniczy służyły mapy: bogactw kopalnianych, rozmieszczenie przemysłu, gleb, obszarów żywicielskich, obszarów zalesionych, gęstości zaludnienia, dróg wodnych, dróg kołowych, oraz ukształtowania terenu.



Układ komunikacji kolejowej po wykonaniu I okr. planu rozbudowy.

- magistrale, linie pierwszorzędne dwutorowe o znaczeniu ogólnopolskim i tranzytowym.
- linie pierwszorzędne o znaczeniu dzielnicowym (przekreślane są dwutorowe);
- linie o znaczeniu drugorzędym (przekreślane są dwutorowe);
- Linie istniejące zachowują swoje znaczenie.
- ewentualne uzupełnienia sieci.

Słuszne będzie, jeżeli ciało sporządzające plan rozwoju dróg żelaznych zaprojektuje równocześnie skoordynowaną z nią sieć dróg samochodowych i wyznaczy arterie wodne, które mogą być wyzyskane do przewozów. Praca ta winna się opierać na możliwie szczegółowym przeliczeniu kosztów własnych przewozów tych 3 kategorii, uwzględniającym wszystkie elementy transportu, włączając drogę, tak jak to przed kilku laty wykonała komisja Saltera w Anglii.

Posługiwano się również w miarę możliwości wynikami dotychczasowych studiów, dotyczących kierunków nowych linii.

Przy projektowaniu nowych linii i przeprojektowaniu istniejących zwracano, oczywiście, uwagę na wykorzystanie w największym możliwie stopniu istniejącej sieci kolejowej.

5. Zaprojektowany układ i wyposażenie sieci w I okresie. Wynikiem tego jest układ komunikacji kolejowej podany na załączonej mapie.

Linie kolejowe podzielone zostały na 3 zasadnicze grupy:

1. Magistrale, tj. linie pierwszorzędne o znaczeniu ogólnopolskim i tranzytowym. 2. Linie pierwszorzędne o znaczeniu dzielnicowym. 3. Linie o znaczeniu drugorzędnym (grupa trzecia obejmuje również niektóre istniejące linie pierwszorzędne, oraz istniejące linie trzeciorzędne).

Wyposażenie sieci projektuje się odpowiednio do charakteru danej linii, biorąc za podstawę trakcję parową.

6. Rozplanowanie zagadnienia w czasie. Przyjęto za zasadę, że Polska w ciągu 20 lat podciągnięta będzie do przeciętnego poziomu intensyfikacji Zachodu. Zadanie budowlane w zakresie dróg żelaznych będzie wówczas następujące:

Ludność 33 mil. + 10,8 = 43,8 milionów.

Długość linii kolejowych X km.

Oznaczając przez a miernik obsługi terenu, a więc ilość dróg żelaznych na 100 km².

czyli $a = X : 3880$

przez b miernik obsługi ludności, a więc ilość dróg żelaznych, przypadających na 10.000 mieszkańców

czyli $b = X : 4380$

ilość dróg żelaznych winna być taka, ażeby

$$\sqrt{a \cdot b} = 10$$

co odpowiada X = 41.200 km, czyli 41.200 — 18.140 = 23.000 km nowych linii.

Zakładając stopniowy wzrost rozmachu budowy dróg żelaznych od niedostatecznego dzisiejszego budownictwa państwowego, ze stopniowo wzrastającym udziałem inicjatywy i kapitału prywatnego, co da obraz odpowiadający wreszcie stopniowej intensyfikacji życia przy wzroście naturalnym ludności, możemy ustalić program budowy dróg żelaznych z średnią normą roczną w I okresie (5 lat) 800 km od normy w IV okresie 1.600 km rocznie, a więc

I okres pięcioletni $800 \times 5 = 4.000$ km,

II okres pięcioletni $1.000 \times 5 = 5.000$ km,

III okres pięcioletni $1.250 \times 5 = 6.250$ km,

IV okres pięcioletni $1.550 \times 5 = 7.750$ km,

razem 23.000 km.

7. Przybliżone zestawienie kosztów. Określając przybliżony koszt realizacji planu inwestycyjnego,

rozpatrujemy osobno koszt całego planu I okresu, oraz koszt pierwszych dwóch lat oddzielnie.

Ogółem długość nowo budowanych linii wynosi 3.970 km, przebudowanych 5.544 km oraz toru II. do budowanego 2.345 km.

Z kosztów na przebudowę węzła warszawskiego projektuje się przeznaczać po 20 mil. rocznie.

Wydatki na inne węzły dzielimy na poszczególne okresy proporcjonalnie do długości budowanych linii, a więc I okr. — 51 mil.; II — 64 mil.; III — 80 mil. i w IV — 100 mil.

Daje to:

dla I okresu roku 1938 $8,8 + 20 = 28,8$ mil.,

dla roku 1939 $9,5 + 20 = 29,5$ mil.,

w latach 1940—1942 $32,7 + 60 = 92,7$ mil.

Tabor kolejowy w I okresie. Według danych za rok 1936:

1. Długość eksploatacyjna linii kolejowych 18.140 km,

2. Ilość wagonów osobowych 12.120,

3. Ilość wagonów towarowych 159.183,

4. Ilość parowozów 5.325,

przeciętny koszt wag. osob. 130.000 zł,

przeciętny koszt wag. towarow. 10.000 zł,

przeciętny koszt parowozu 350.000 zł.

Tabor głównie zależy od ilości ludności, mniej od dodatkowej długości linii. Przyjmując przyrost ludności w ciągu rozpatrywanych 5 lat na 2,7 miliona, czyli 8,2%, zwiększyć należy dzisiejszy tabor, na ogół odpowiadający potrzebom, w tym samym stosunku. Wyniesie to:

Ilość wagon. osobowych $12.120 \times 8,2\% = 950$,

Ilość wagon. towarowych $159.183 \times 8,2\% = 13.000$,

Ilość parowozów $5.325 \times 8,2\% = 435$.

Koszt tego taboru:

koszt wagonu osobowego $950 \times 130.000 = 124$ mil.,

koszt wag. towarow. $13.000 \times 10.000 = 130$ mil.,

koszt parowozu $435 \times 350.000 = 152$ mil.,

razem 506 mil.,

a dzieląc ten wydatek na poszczególne lata, proporcjonalnie do wydatków na budowę linii, otrzymamy przy potanieniu o 25% zbyt wygórowanych obecnie cen na tabor

rok 1938	42,5
rok 1939	49
lata 1940—1942	290
	<hr/> 381,5

Ogólny koszt planu inwestycyjnego w I okresie łącznie z uzupełnieniem taboru na całej sieci wyniesie 2.040,3 mil. zł.

Koszt urządzeń bezpieczeństwa wynosi — 3% ogólnego kosztu budowy linii. Koszt zabudowań — 12%.

8. Wykaz niektórych surowców i półfabrykatów. Ilość materiałów potrzebna na 1 km budowy linii jednotorowej wynosi:

Nawierzchni stalowej:	typ L	100 t/km,
	typ S	113 t/km,
	typ C	144 t/km.
Podkładów: nawierzchnia	typu L	1.556 szt./km,
	typu S	1.600 szt./km,
	typu C	1.500 szt./km.

Żwiru albo tłucznia:

tory główne I-rzędne	1.500 m ³ /km,
tory główne II-rzędne	1.100 m ³ /km,
tory stacyjne	1.000 m ³ /km.

Poza tym kamienia na bruki	150—300 m ³ /km,
cementu	30—120 t/km,
żelaza do żelbetu	1,5 — 6 t/km,
cegły	37.000 szt./km,
wapna	12 t/km,
piasku	30 m ³ /km.

Długość torów stacyjnych przyjmujemy według danych obecnych równą 35% długości torów na szlaku.

Przy liniach przebudowanych zakładamy, że 50% nawierzchni starej nada się do ułożenia w torach stacyjnych.

Przy tych założeniach otrzymuje się, że tory stacyjne (oprócz rozjazdów) mogą być ułożone w całości z użytecznych starych materiałów.

9. Zestawienie głównych kategorii sił roboczych i fachowych. Robotnicy zatrudnieni bezpośrednio przy inwestycjach:

Rodzaj inwestycji	Robocizna w mil. dniówek			
	Rok 1938	Rok 1939	Lata 1940-1942	Całość
Budowa i przebudowa linii	8,42	9,74	57,23	75,39
Budowa i przebudowa węzłów kol.	0,57	0,59	1,85	3,01
Razem	8,99	10,33	59,08	78,40

Ilość robotników wykwalifikowanych stanowi tu 12%.

W razie wprowadzenia częściowej mechanizacji robót ziemnych liczba dniówek rob. niewykwalifikowanych zmniejsza się o 35 do 40%.

Liczba dniówek robotników zatrudnionych w przemyśle w związku z rozbudową sieci odpowiada mniej więcej ilości dniówek robotników zatrudnionych bezpośrednio.

Inżynierowie i technicy zatrudnieni przy budowie linii:

L a t a	Rok 1938	Rok 1939	Lata 1940-1942	Całość
tysiące dniówek	90,0	105,2	618,1	814,2

10. Najkorzystniejsze formy struktury organizacyjnej. Odnośnie do organizacji kolejnictwa, pozwalamy sobie przypomnieć opinie szeregu autorytetów, dające się mniej więcej ująć w następujące wytyczne:

1. Dla umożliwienia jak najszerzej pojętej współpracy wszystkie środki komunikacji winny być zgrupowane pod jedną władzą zwierzchnią.

2. W sprawach nie odnoszących się do całości polityki komunikacyjnej nastąpić winna jak najdalej posunięta decentralizacja.

3. Należy dążyć do zwiększenia zaufania, oraz usunięcia przerostu kosztownej kontroli rzeczy nieistotnych.

Ażeby kolej mogła spełnić należycie swą wielką misję ekonomiczną, winna przede wszystkim sama pracować ekonomicznie.

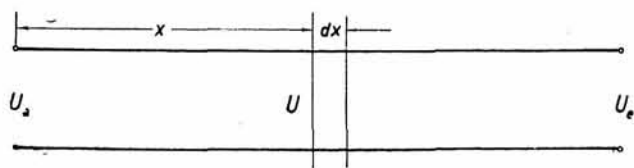
4. Należy wszystko uczynić, ażeby do budowy i eksploatacji dróg żelaznych przyciągnąć kapitał prywatny i częściowo czynniki samorządowe, tworząc terytorialne towarzystwa komunikacyjne kolejowo-samochodowe, i przekazując im środki komunikacyjne istniejące już w terytorialnych granicach koncesji.

5. Przede wszystkim jednakże należy utworzyć komisję, czy biuro do opracowania łącznego programu i planu rozwoju systemu komunikacyjnego kolejowo-drogo-wodnego.

Prof. inż. A. Miszke i współpracownicy¹⁾

¹⁾ Niniejszy referat jest oparty na materiale i danych opracowanych przez inż. Chołodzińskiego i Lubińskiego. Wnioski i propozycje są podane przez prof. inż. A. Miszkego.

Teoria jednorodnej linii telefonicznej



Rys. 1.

Na rys. 1. przedstawiona jest linia telefoniczna dwuprzewodowa, jednorodna.

Oznaczmy oporność tej linii na jednostkę długości (na 1 km) przez R , indukcyjność przez L , pojemność C , upływność przez G .

Rozpatrzmy dowolny, a nieskończenie mały

odcinek tej linii o długości dx . Oporność tego odcinka wyniesie $R dx$, indukcyjność $L dx$, pojemność $C dx$, a upływność $G dx$.

Na początku tego odcinka panuje chwilowe napięcie U i płynie chwilowy prąd I , a na końcu odcinka istnieje już inne napięcie i inny płynący prąd.

Różnica napięć na obu krańcach odcinka dx wynika wskutek straty omowej i straty indukcyjnej, a wyraża się równaniem:

$$-\frac{\partial U}{\partial x} \cdot dx = \underbrace{R I dx}_{\text{strata omowa}} + \underbrace{L \frac{\partial I}{\partial t} \cdot dx}_{\text{strata indukcyjna}} \quad (1)$$

albo:

$$-\frac{\partial U}{\partial x} = \underbrace{R I}_{\text{strata omowa}} + \underbrace{L \frac{\partial I}{\partial t}}_{\text{strata indukcyjna}} \quad \dots (1a)$$

Różnica prądów wynika wskutek strat na ładowanie i na upływ:

$$-\frac{\partial I}{\partial x} \cdot dx = \underbrace{C \frac{\partial U}{\partial t} \cdot dx}_{\text{ładowanie}} + \underbrace{G U dx}_{\text{upływ}} \quad (2)$$

albo:

$$-\frac{\partial I}{\partial x} = \underbrace{C \frac{\partial U}{\partial t}}_{\text{ładowanie}} + \underbrace{G U}_{\text{upływ}} \quad \dots (2a)$$

Założmy teraz, że napięcie i prąd zmienia się sinusoidalnie, a więc:

$$U = U_{\max} \cdot \sin \omega t; \quad I = I_{\max} \cdot \sin (\omega t + \varphi),$$

przyczem: $\omega = 2\pi f$ oznacza tzw. pulsację, $\varphi =$ = kąt przesuwu prądu względem napięcia.

W takim razie, stosując metodę symboliczną, możemy napisać:

$$U = U_{\max} \cdot e^{j\omega t}; \quad \frac{\partial U}{\partial t} = U j \omega,$$

$$I = I_{\max} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}; \quad \frac{\partial I}{\partial t} = I j \omega.$$

Podstawiając te wyrażenia w równania (1a) i (2a) otrzymujemy:

$$-\frac{\partial U}{\partial x} = (R + j\omega L) I; \quad -\frac{\partial I}{\partial x} = (G + j\omega C) U \quad \dots (3)$$

Eliminując I :

$$I = -\frac{\partial U}{\partial x} \cdot \frac{1}{R + j\omega L}; \quad -\frac{\partial I}{\partial x} = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \cdot \frac{1}{R + j\omega L}$$

i porównując ostatni wzór z równaniem (3) otrzymujemy:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \cdot \frac{1}{R + j\omega L} = (G + j\omega C) U$$

albo:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = (R + j\omega L) (G + j\omega C) U = \gamma^2 U \quad \dots (4)$$

przyczem

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L) (G + j\omega C)} \quad \dots (5)$$

Analogicznie dla I :

$$\begin{aligned} -\frac{\partial I}{\partial x} \cdot \frac{1}{G + j\omega C} &= U \\ -\frac{\partial U}{\partial x} &= \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} \cdot \frac{1}{G + j\omega C} = (R + j\omega L) I, \\ \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} &= (R + j\omega L) (G + j\omega C) I = \gamma^2 I \quad \dots (6) \end{aligned}$$

Rozwiązanie równań różniczkowych (4) i (6) daje wynik następujący:

$$U = c_1 e^{\gamma x} + c_2 e^{-\gamma x}; \quad I = \frac{\gamma}{R + j\omega L} (-c_1 e^{\gamma x} + c_2 e^{-\gamma x}),$$

w których c_1 oraz c_2 są nieznanymi wielkościami stałymi, zaś x jest odległością dowolnego punktu od początku linii telefonicznej.

Stosując powyższe rozwiązanie dla początku linii — a więc dla $x=0$, gdzie $U = U_a$, możemy wyrużnować nieznane wielkości c_1 i c_2 :

$$U_a = c_1 + c_2; \quad I_a = \frac{\gamma}{R + j\omega L} (-c_1 + c_2)$$

$$\text{Oznaczając: } \delta = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \dots (7)$$

zauważymy, że:

$$R + j\omega L = \gamma \delta; \quad G + j\omega C = \frac{\gamma}{\delta}; \quad -\delta I_a = c_1 - c_2$$

wobec czego otrzymujemy następujące wzory:

$$U = U_a \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} - \delta I_a \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} \quad (8)$$

$$I = I_a \cdot \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} - \frac{U_a}{\delta} \cdot \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2}$$

Przez prostą przeróbkę otrzymujemy:

$$U_a = U \cdot \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} + \delta I \cdot \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} \quad (9)$$

$$I_a = I \frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} + \frac{U}{\delta} \cdot \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2}$$

Wprowadzając znane z matematyki wyższej funkcje hyperboliczne

$$\frac{e^{\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} = \cosh \gamma x; \quad \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} = \sinh \gamma x,$$

możemy równanie (9) wyrazić w następującej formie:

$$\begin{aligned} U_a &= U \cosh \gamma x + \delta I \sinh \gamma x \\ I_a &= I \cosh \gamma x + \frac{U}{\delta} \sinh \gamma x \quad (9a) \end{aligned}$$

Długość linii oznaczamy przez l . Na końcu linii panuje napięcie U_e i płynie prąd I_e . Mamy tedy:

$$U_a = U_e \frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} + \delta I_e \cdot \frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2} \quad (10)$$

$$I_a = I_e \frac{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}}{2} + \frac{U_e}{\delta} \cdot \frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{2}$$

Wstawiając powyższe wartości w równanie (8) dostaniemy:

$$\begin{aligned} U &= U_e \frac{e^{\gamma(l-x)} + e^{-\gamma(l-x)}}{2} + \\ &+ \delta I_e \frac{e^{\gamma(l-x)} - e^{-\gamma(l-x)}}{2} \\ I &= I_e \frac{e^{\gamma(l-x)} + e^{-\gamma(l-x)}}{2} + \\ &+ \frac{U_e}{\delta} \cdot \frac{e^{\gamma(l-x)} - e^{-\gamma(l-x)}}{2} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\text{Wyrażenie: } \delta = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

nazywa się opornością charakterys-

tyczną albo opornością falową linii, zaś:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

stałą przewodzenia.

Stała przewodzenia jest sumą dwóch składników:

$$\gamma = j\alpha + \beta \quad (12)$$

przyczem α nazywa się współczynnikiem długości fali, β współczynnikiem tłumienia.

Iloczyn $\beta \cdot l = b$ jest tłumieniem linii jednorodnej o długości l kilometrów, iloczyn zaś $\alpha \cdot l = a$ kątem fazy („Winkelmass”).

$$\beta \cdot l = b \quad (13) \quad \alpha \cdot l = a \quad (14) \quad \gamma \cdot l = g \quad (14a)$$

Spółczynnik α wskazuje, że wektor prądu lub wektor napięcia zmienia swą fazę jednostajnie o kąt α na jednostkę długości (na 1 km.).

A zatem amplitudy prądu i napięcia nie tylko podlegają tłumieniu lecz i zmianie fazy. Przyjmując, że obrót (zmiana fazy) $\alpha x = 2\pi$, to znaczy opóźnienie fazy równa się całemu okresowi,

$$\text{otrzymamy: } x = \frac{2\pi}{\alpha} = \lambda.$$

Wyrażenie to jest długością fali.

Długością fali zatem będzie:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\alpha} \quad (15)$$

$$\text{okresem: } T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (16)$$

$$\text{a ponieważ: } \lambda = vT, \quad (17)$$

przeto szybkość rozchodzenia się fali będzie:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{\alpha} \quad (18)$$

A jakie jest fizyczne znaczenie współczynnika β ? Powróćmy do równania (4) względnie (6) i rozwiążmy je dla przypadku linii jednorodnej, nieskończonej długości. Chodzi o to abyśmy rozpatrzyli w tym wypadku falę postępującą, nie stojącą.

Otrzymamy:

$$U = U_a \cdot e^{-\gamma x} = U_a e^{-\beta x} \cdot e^{-j\alpha x}$$

$$I = I_a \cdot e^{-\gamma x} = I_a \cdot e^{-\beta x} \cdot e^{-j\alpha x}$$

Znaczy to, że tak amplituda prądu, jak i napięcia spada odpowiednio do czynnika $e^{-\beta x}$, w miarę zwiększania się odległości x od źródła prądu. Moc prądu zmniejsza się naturalnie w tym wypadku w stosunku $e^{-2\beta x}$.

Tłumienie zatem, jako iloczyn $\beta \cdot l = b$ jest wykładnikiem strat, jest ono poprostu wskaźnikiem użyteczności danej linii dla celów telefonii.

Oznaczając moc prądów telefonicznych w punkcie nadawczym *) przez P_1 , moc w punkcie odbiorczym przez P_2 , odległość obu punktów w kilometrach przez l , otrzymamy:

*) Moc ta wynosi przeciętnie 1 do 2 mW.; moc prądów sygnałowych do 10 mW.

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{2\beta l}; \log_n \frac{P_1}{P_2} = 2\beta l; \frac{1}{2} \log_n \frac{P_1}{P_2} = \beta l = b \text{ jednostek tłumienia.}$$

W ten sposób otrzymane jednostki noszą nazwę Neper'ów.

$$\text{Np. } \frac{P_1}{P_2} = 1000; \frac{1}{2} \log_n 1000 = 3,45;$$

Tłumienie zatem wynosi 3,45 Neperów.

W krajach amerykańskich używane są również jednostki tłumienia „Bel” i „Decybel”, oparte na logarytmach dziesiętnych (Brigowskich). Mianowicie:

$$\text{Ilość Bel'ów} = \log_{10} \frac{P_1}{P_2}; \text{Jeden Decybel} = \frac{1}{10} \text{Bela.}$$

Jednostkę Decybel nazywają inaczej „Transmission Unit” (T.U.)

Z przeliczenia wynika, że:

$$1 \text{ Neper} = 8,686 \text{ Decybelów}$$

$$1 \text{ Decybel} = 0,115 \text{ Neperów.}$$

W Polsce przyjęła się więcej jednostka Neper, jako oparta na logarytmach naturalnych.

Badania wykazały, że wystarczy nam w punkcie odbiorczym otrzymać tysięczną część mocy nadanej, aby w słuchawce usłyszeć jeszcze wyraźnie dźwięki mowy ludzkiej. Całkowite tłumienie wynosi zatem w tym wypadku 3,45 Neperów albo 30 Decybelów.

W praktyce dopuszczamy około 17 Decybelów tłumienia w urządzeniach końcowych, a resztę około 13 Decybelów czyli około 1,5 Nepera pozostawiamy na tłumienie linii. Tłumienie w przewodach telefonicznych nie powinno więc przekraczać 1,5 Nepera. W ostatnich czasach Komitet Doradczy dla spraw telefonii dalekosieżnej ustalił dopuszczalną wartość tłumienia linii telefonicznej na 1,3 Nepera. Obecnie jest tendencja zmniejszenia tej wartości na 1,0 Nepera, a nawet na 0,8 Nepera. Z równania (5) i (12):

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = j\alpha + \beta$$

otrzymujemy po podniesieniu obu stron do kwadratu:

$$\omega^2 LC - GR = \alpha^2 - \beta^2; \omega(CR + GL) = 2\alpha\beta \quad (19)$$

a stąd:

$$2\alpha^2 = +(\omega^2 CL - GR) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} \quad (20)$$

$$2\beta^2 = -(\omega^2 CL - GR) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)}$$

Wprowadzając oznaczenia:

$$tg \varepsilon = \frac{R}{\omega L}; \quad tg \delta = \frac{G}{\omega C}$$

dostaniemy:

$$R + j\omega L = \frac{\omega L}{\cos \varepsilon} \cdot e^{j(90^\circ - \varepsilon)},$$

$$G + j\omega C = \frac{\omega C}{\cos \delta} \cdot e^{j(90^\circ - \delta)},$$

$$\gamma = \frac{\omega \sqrt{LC}}{\sqrt{\cos \varepsilon \cos \delta}} \cdot e^{j(90^\circ - \frac{\varepsilon + \delta}{2})}$$

a dalej

$$\alpha = \frac{\omega \sqrt{LC}}{\sqrt{\cos \varepsilon \cos \delta}} \cdot \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2} \quad (21)$$

$$\beta = \frac{\omega \sqrt{LC}}{\sqrt{\cos \varepsilon \cos \delta}} \cdot \sin \frac{\varepsilon + \delta}{2} \quad . \quad . \quad (22)$$

Utwórzmy teraz iloczyn obu współczynników $\alpha \cdot \beta$, to otrzymamy:

$$\begin{aligned} \alpha \cdot \beta &= \frac{\omega^2 LC}{\cos \varepsilon \cos \delta} \cdot \sin \frac{\varepsilon + \delta}{2} \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2} = \\ &= \frac{\omega^2 LC}{\cos \varepsilon \cos \delta} \cdot \frac{1}{2} \sin (\varepsilon + \delta) = \\ &= \omega^2 LC \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\sin \varepsilon}{\cos \varepsilon} + \frac{\sin \delta}{\cos \delta} \right) = \\ &= \omega^2 LC \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{R}{\omega L} + \frac{G}{\omega C} \right), \end{aligned}$$

czyli:

$$\alpha \cdot \beta = \omega \sqrt{LC} \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right) \quad . \quad (23)$$

Równanie (23) jest identyczne z wyrażeniem (19).

Ostatnio otrzymany iloczyn pozwala w łatwy sposób znaleźć wartość jednego ze współczynników, gdy drugi jest skądinąd wiadomy.

Dla małych kątów ε i δ , czyli dla niewielkich wartości $\frac{R}{\omega L}$ oraz $\frac{G}{\omega C}$, jak to ma miejsce w liniach napowietrznych gołych, zwłaszcza o dużych średnicach (ponad 3 mm), cosinus jest nie wiele różny od jedności wobec czego równ. (21) da się znacznie uprościć i to z dokładnością wystarczającą aż nadto do celów praktyki teletechnicznej, a mianowicie:

$$\alpha \approx \omega \sqrt{LC} \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

Stąd na podstawie równania (23)

$$\beta \approx \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad . \quad . \quad (25)$$

Np. dla przewodów napowietrznych brzożowych o średnicy 4 mm, dla których:

$$\begin{aligned} R &= 3,16 \frac{\Omega}{\text{km}}; L = 1,58 \frac{\text{mH}}{\text{km}}; \\ G &= 1,0 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}; C = 0,0064 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}, \end{aligned}$$

mamy:

$$\begin{aligned} tg \varepsilon &= \frac{R}{\omega L} = \frac{3,16}{5 \cdot 1,58} = 0,342 \\ tg \delta &= \frac{G}{\omega C} = \frac{1,0}{5 \cdot 6,4} = 0,0312, \\ \varepsilon &= 18,8^\circ, \cos \varepsilon = 0,946, \\ \delta &= 1,7^\circ, \cos \delta = 0,999 \approx 1, \\ \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2} &= 0,984, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\omega \sqrt{LC}}{\sqrt{\cos \varepsilon \cos \delta}} \cdot \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2} = \omega \sqrt{LC} \frac{0,98}{0,97} = \\ &= \omega \sqrt{LC} \cdot 1,01 \approx \omega \sqrt{LC}. \end{aligned}$$

Różnica między wartością obliczoną ze wzoru (24), a wartością dokładną na podstawie równania (21) wynosi zaledwie 1%. Przy większych średnicach przewodów różnica ta wpada jeszcze mniejsza.

Jak widać, współczynnik β jest tu prawie niezależny od częstotliwości przenoszonych prądów, zaś współczynnik α jest do ω proporcjonalny w przybliżeniu.

Następująca tabelka zawiera kilka wartości α i β obliczonych dla

$$\omega = 5000 \text{ przy } G = 1,0 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}.$$

TABELKA 1.

Przewody napowietrzne brzożowe.

Średnica	R Ω/km	C $\mu\text{F}/\text{km}$	L mH/km	α na 1 km	β na 1 km
3 mm	5,44	0,0060	2,04	0,0175	0,0048
4 "	3,16	0,0064	1,85	0,0173	0,0030
5 "	2,17	0,0067	1,80	0,0172	0,0023

Rozpatrzmy teraz warunki dla przewodów napowietrznych gołych o średnicy mniejszej niż 3 mm, np. dla przewodów o średnicy 2 mm:

$$\begin{aligned} R &= 12 \frac{\Omega}{\text{km}}; L = 2,2 \frac{\text{mH}}{\text{km}}; \\ G &= 1,0 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}; C = 0,0054 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}; \end{aligned}$$

Przy $\omega = 5000$ będzie

$$\begin{aligned} tg \varepsilon &= \frac{R}{\omega L} = \frac{12}{5 \cdot 2,2} = 1,09; \\ \varepsilon &= 47,5^\circ; \cos \varepsilon = 0,675; \\ tg \delta &= \frac{G}{\omega C} = \frac{1,0}{5 \cdot 5,4} = 0,037; \\ \delta &= 2,2^\circ, \cos \delta = 0,999 \approx 1. \end{aligned}$$

W tym wypadku wygodniej jest zastosować szeregi:

$$\begin{aligned} \cos \varepsilon &\approx 1 - \frac{\varepsilon^2}{2} \cos \delta \approx 1 - \frac{\delta^2}{2} \\ \cos \frac{\varepsilon + \delta}{2} &\approx 1 - \frac{(\varepsilon + \delta)^2}{8} \end{aligned}$$

skąd otrzymamy:

$$\alpha = \omega \sqrt{LC} \cdot \left[1 + \frac{(\varepsilon - \delta)^2}{8} \right] \quad . \quad . \quad (26)$$

a dalej na podstawie równania (23):

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \left[1 - \frac{(\varepsilon - \delta)^2}{8} \right] \quad . \quad (27)$$

W zwykłych kablach telefonicznych jest średnica żył znacznie mniejsza niż średnica przewodów napowietrznych, przez co zwiększa się wybitnie oporność R , w porównaniu z przewodami napowietrznymi. Ponadto wzajemna odległość poszczególnych żył jest bardzo mała, co powoduje zwiększenie pojemności C . Indukcyjność zaś takiej linii jest kilkakrotnie mniejsza od indukcyjności przewodów napowietrznych.

Weźmy np. kabel telefoniczny o średnicy żył 0,9 mm z izolacją papierowo-powietrzną:

$$R = 54,6 \frac{\Omega}{\text{km}}; L = 0,7 \frac{\text{mH}}{\text{km}};$$

$$C = 0,034 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}; G = 0,6 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}.$$

Przy $\omega = 5000$ będzie:

$$tg \varepsilon = \frac{54,6}{5 \cdot 0,7} = 15,6; \varepsilon = 86,3^\circ.$$

W tym wypadku wygodniej jest użyć podstawienia: $L = \frac{R}{\omega tg \varepsilon}$

a zamiast kąta ε , rachować funkcjami kąta dopełniającego: $\varepsilon' = 90^\circ - \varepsilon$.

Po wstawieniu tych wartości w równanie (21) otrzymamy po pewnych przekształceniach trygonometrycznych:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon' - \delta}{2} \right] \quad (28)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \cdot \left[1 - \frac{\varepsilon' - \delta}{2} \right] \quad (29)$$

Dla bardzo małych kątów ε' i δ , jak to jest w rzeczywistości, można w pierwszym przybliżeniu z dostateczną dla praktyki dokładnością napisać:

$$\alpha \approx \beta \approx \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \quad (30)$$

W naszym przykładzie dla kabla o średnicy żył 0,9 mm,

$$\varepsilon' = 3,7^\circ; \delta = 0,3^\circ$$

$$1 + \frac{\varepsilon' - \delta}{2} = 1,03; 1 - \frac{\varepsilon' - \delta}{2} = 0,97.$$

Widzimy istotnie, że różnica między wartością cyfrową równania (28) i równania (30) jest nieznaczna i maleje w miarę zmniejszania średnicy żył kablowych. Rośnie natomiast ze wzrostem częstotliwości przenoszonych prądów. Więc dla $\omega = 5000$,

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \cdot 1,03 = \sqrt{\frac{5 \cdot 54,6 \cdot 0,034 \cdot 10^{-3}}{2}} \cdot 1,03 = 0,070$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \cdot 0,97 = 0,067.$$

Niżej umieszczona tabelka 2 odnosi się do kabla o średnicy żył 0,8 mm,

$$R = 73 \frac{\Omega}{\text{km}}; C = 0,037 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}}; L = 0,67 \frac{\text{mH}}{\text{km}} \text{ oraz}$$

$$G = 0,6 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}};$$

TABELKA 2.

ω	α	β	$\frac{\omega}{\alpha}$
3500	0,069	0,068	50800 km/ sek.
5000	0,083	0,081	60000 " "
7500	0,104	0,098	72000 " "
10000	0,121	0,111	82600 " "

Tutaj α i β zależne są od ω i rosną z częstotliwością. Wyższe harmoniczne prądów telefonicznych ulegają silniejszemu tłumieniu niż częstotliwość zasadnicza, a ponadto, jak widać z ostatniej rubryki tabelki Nr. 2., szybkość rozchodzenia się fali jest inna dla każdej częstotliwości.

To wszystko jest powodem, że przenoszona rozmowa telefoniczna na takich przewodach traci swoją barwę dźwięku i ulega silnemu zniekształceniu (skażeniu). Heaviside, który pierwszy zajął się tym zjawiskiem, nazwał je *distorcją*, w literaturze niemieckiej spotyka się nazwę „Verzerrung“.)

Bardzo ciekawy wreszcie jest przypadek, kiedy ustosunkowanie właściwości elektrycznych linii telefonicznej jest takie, że

$$\varepsilon = \delta, \text{ czyli gdy } \frac{R}{L} = \frac{G}{C}$$

Wstawiając tę wartość do równania (21) otrzymujemy dokładnie:

$$\alpha = \omega \sqrt{LC} \quad (31)$$

a dalej na podstawie równania (23) dokładnie:

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{GR} = R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (32)$$

Teraz współczynnik tłumienia β nie należy już wcale od frekwencji prądu**), natomiast współczynnik długości fali α jest ściśle proporcjonalny do częstotliwości. Linie takie nie wykazują zupełnie zjawiska *distorcji*, czyli nie powodują zniekształceń przenoszonych dźwięków. Jak przekonał się wyżej, przewody napowietrzne, zwłaszcza o dużej średnicy, są dość bliskie takiego stanu, natomiast w zwykłych przewodach kablowych zrównoważenie takie nie da się osiągnąć.

Powracając jeszcze raz do równania (11), zauważamy, że, gdybyśmy na końcu linii telefonicznej załączyli aparat odbiorczy o oporności pozornej R_e równej oporności charakterystycznej Z linii, czyli gdy:

$$U_e = R_e I_e = Z I_e,$$

wtedy wyrażenie (11) przybierze postać:

$$U = U_e \frac{e^{\gamma(l-x)} + e^{-\gamma(l-x)}}{2} +$$

$$+ U_e \frac{e^{\gamma(l-x)} - e^{-\gamma(l-x)}}{2} = U_e \cdot e^{\gamma(l-x)}$$

$$\text{a więc } U_e = U_a \cdot e^{-\gamma l} \quad (33)$$

Analogicznie:

$$I = I_e \cdot e^{(l-x)}; \text{ a więc } I_e = I_a \cdot e^{-\gamma l} \quad (34)$$

*) Tutaj należy od razu zaznaczyć, na czym polega kardynalna różnica między przenoszeniem energii w technice prądów silnych, a przenoszeniem jej w teletechnice. Tam chodzi o duży współczynnik sprawności, a więc o ilość otrzymywanej energii w odbiorniku, w teletechnice natomiast o jakość tej energii, w tym znaczeniu, że nie może ona wykazywać żadnych zniekształceń.

**) O ile naturalnie pominiemy zależność wartości R , L , C i G od frekwencji przenoszonych prądów.

Równanie (11) można przekształcić w taką formę:

$$U = U_e \left[e^{\gamma(l-x)} \frac{R_e + \beta}{2 R_e} + e^{-\gamma(l-x)} \frac{R_e - \beta}{2 R_e} \right] =$$

$$I = I_e \left[e^{\gamma(l-x)} \frac{R_e + \beta}{2 \beta} - e^{-\gamma(l-x)} \frac{R_e - \beta}{2 \beta} \right] =$$

$$\text{Wyrażenia: } u'' = U_e e^{-\gamma(l-x)} \frac{R_e - \beta}{2 R_e}$$

$$\text{oraz } i'' = I_e \cdot e^{-\gamma(l-x)} \frac{R_e - \beta}{2 \beta}$$

przedstawiają napięcie i prąd fali odbitej. Dla $R_e = \beta$ otrzymamy $u'' = 0$ oraz $i'' = 0$ a zatem $U = U_e \cdot e^{\gamma(l-x)} = u'$

$$I = I_e \cdot e^{\gamma(l-x)} = i' \text{ jak wyżej.}$$

Linia taka zachowuje się zatem podobnie jak linia nieskończenie długa; fali odbitej niema w niej zupełnie*). Własność ta, — jak przekonamy się dalej — jest niesłychanie ważna w liniach zaopatrzonych we wzmacniacze telefoniczne, w których odbicia fal powodują bardzo przykre skutki i są z tego względu absolutnie niedopuszczalne.

Powiedzieliśmy wyżej, że tłumienie linii telefonicznej nie powinno przekraczać 1,5 Nepera, a według ostatnich postanowień Komitetu Doradczego (CCI) nawet 1,3 Nepera. Niżej umieszczone tabelki Nr. 3. i Nr. 4., zawierają wartości charakterystyczne przewodów napowietrznych brązowych i przewodów kablowych, jakoteż podają maksymalne odległości l , na jakich możliwa jest rozmowa telefoniczna przy dopuszczalnym tłumieniu przewodów $b = \beta l = 1,5$ Nepera, względnie 1,3 Nepera.

*) Mówimy w takim wypadku, gdy $R_e = \beta$, że odbiornik został dopasowany do linii (do oporności falowej linii.)

TABELKA 3.

Przewody napowietrzne brązowe.

Srednica	R Ω/km	C μF/km	L mH/km	β na 1 km	l kilometrów przy b = 1,5	l kilometrów przy b = 1,3	Uwagi
2 mm	12,0	0,0054	2,20	0,0087	175	150	ω = 5000 μS G = 1,0 km
2,5 "	7,7	0,0057	2,10	0,0065	230	200	
3 "	5,44	0,0060	2,04	0,0048	310	270	
4 "	3,16	0,0064	1,85	0,0030	500	435	
5 "	2,16	0,0067	1,80	0,0023	650	565	

TABELKA 4.

Przewody kablowe z izolacją papierowo-powietrzną.

Średnica żył	R Ω/km	C μF/km	β na 1 km	l kilometrów przy b = 1,5 Nepera	l kilometrów przy b = 1,3 Nepera	Uwagi
0,6 mm	130	0,037	0,110	13,5	12	ω = 5000
0,8 "	73	0,037	0,081	18,5	16	
0,9 "	56	0,037	0,069	22	19	
1,0 "	46	0,038	0,063	24	21	
1,5 "	21	0,039	0,042	36	31	
2,0 "	12	0,043	0,031	48,5	42	

Przytoczone powyżej wartości przekonywują nas, że bez zastosowania specjalnych urządzeń, któreby przeciwdziałały tłumieniu, zrealizowanie komunikacji telefonicznej na bardzo wielkie odległości nie da się nawet pomyśleć. Urządzeniami tymi są cewki Pupina, które sztucznie zwiększają indukcyjność linii (pupinizacja linii), oraz wzmacniacze telefoniczne, polegające na działaniu amplifikacyjnym lamp katodowych. Wzmacniacze te noszą niekiedy nazwę przekazywaczy katodowych.

I jedno i drugie urządzenia będą tematem następnych artykułów.

Inż. Łukasz Dorosz.

Lwowski Chór Technicki nad Bałtykiem

W lipcu bieżącego roku zorganizowało towarzystwo śpiewackie „Lwowski Chór Technicki” tournée artystyczne do krajów bałtyckich i Skandynawii, — poparte — bardzo wydatnie przez Min. Spraw. Zagr. — Min. W. R. i O. P. Zespół złożony z 50 śpiewaków wyruszył w pierwszych dniach lipca z p. M. Krzyńskim jako dyrygentem, wprost na Łotwę do Rygi witany tam i podejmowany przez nasze władze konsularne, młodzież akademicką i śpiewaków łotewskich. Koncert urządzony w przepięknej miejscowości nadmorskiej Kemeru koło Rygi, zgromadził tłuny wytwornej publiczności, która gorąco oklaskiwała każdy punkt programu, zmuszając chór do licznych naddatków.

Po krótkim pobycie na ziemi łotewskiej, Chór technicki zawitał do Tallina, nawiązując tam żywy kontakt z młodzieżą akademicką, i liczną „Polonią”, która nie szczędząc trudów,





urządziła „Wieczór pieśni“ połączony z zabawą. — Gorące słowa podzięków należą się tutaj przede wszystkim księdzu prezesowi W. Dejnisiowi, który w krótkim stosunkowo czasie z młodzieńczą energią zdołał ten wieczór zorganizować. —

Trzecim etapem podróży L. Ch. T. była Finlandia, a w szczególności Helsingfors (Helsinki). — Po krótkiej podróży statkiem przez zatokę fińską stanęliśmy na miejscu. — I znów witali nas koledzy finowie i przedstawiciele poselstwa. Koncert z powodu martwego sezonu letniego, odbył się tylko w radio fińskim, zyskując ogólne uznanie. — Prócz tego chór

wystąpił oficjalnie, składając wieniec na grobie „Niezanego Żołnierza“ w obecności personelu poselstwa oraz warty honorowej.

Czwartym i ostatnim etapem tej długiej i pięknej podróży był Sztokholm. Tam wystąpił chór dwukrotnie, dając wielki koncert na wyspie Skansen, oraz w radio. — Koncert zgromadził tysiące ludzi i zaraz z początku stał się wielką manifestacją przyjaźni i sympatii, jaką Szwedzi czują dla Polaków. — Nasi technicy witani oficjalnie przez szwedzką marynarkę wojenną i zebrane tłumy śpiewali, budząc szczerzy zachwyt i podziw, czego dowodem mogą być recenzje i artykuły szeregu pism tamtejszych. Koncert w radio, był też wielkim sukcesem pieśni polskiej na ziemi skandynawskiej.

Ze Sztokholmu „Lwowski Chór Techniczny“ wrócił morzem do kraju, udając się następnie do Wilna, skąd po jednodzielnym pobycie, zawitał z powrotem do Lwowa, po trzech tygodniowej podróży. —

Prócz celów propagandy pieśni polskiej zagranicą, wybieczka powyższa, miała też bardzo wysokie walory turystyczne, umożliwiając członkom „Towarzystwa“, poznanie aż czterech państw, stojących na znacznym stopniu kultury. Nie zaniedbano też strony technicznej, zwiedzając kolejno: w Rydze Dźwino-ujskie i mosty pontonowe, w Tallinie port, nie mówiąc już o oryginalnych zabytkach średniowiecza, we Finlandii wspaniałe typy budowli nowoczesnych jak dworzec kolejowy i parlament, dalej nowobudujący się gmach poczty i telegrafów oraz stadion; następnie zwiedzono ogromną fabrykę maszyn elektrycznych „Strömberg“, wreszcie autokarami urzędzenia lasowe i rolnicze w okolicach miasta Borgi. — W Szwecji z obiektów technicznych zapoznano się z rozwiązaniem węzłów komunikacyjnych w trzech piętrach (żel-bet) z urządzeniami portowymi, silosami zbożowymi (żel-bet), całym szeregiem mostów różnych typów (około 17 mostów), dalej ze słupami komorowymi, kanałami żeglugi itd.

Po powrocie wszyscy prawie członkowie chóru, rozjechali się na wakacje, na praktyki lub wrócili do swych zajęć. — Pozostały jednak w sercach naszych młodych techników niezatarte wspomnienia chwil przeżytych, które będą im bodźcem do dalszej pracy na niwie kultury śpiewaczej.

St. Turowicz.

Załączone zdjęcia przedstawiają: Węzeł sześciu ulic Sztokholmu, krzyżujących się w trzech różnych poziomach, oraz pomnik wolności w Rydze.

Z Wydawnictw nadesłanych do „Ż. T.“

„PRZEGLĄD ZAGRANICZNEJ LITERATURY TECHNICZNEJ“ i „PRZEGLĄD POLSKIEGO PIŚMIENNICTWA TECHNICZNEGO“.

Nakładem „Poradni Stosowania Żelaza“ przy Syndykacie Polskich Hut Żelaznych (Katowice, Lompy 14) ukazał się trzeci zeszyt wydawnictwa „Przegląd zagranicznej literatury technicznej — z dziedziny żelaza, stali i ich zastosowań w konstrukcjach. 1936“, opracowany na zasadzie międzynarodowej wyminy notatek bibliograficznych między państwami, będącymi najważniejszymi producentami stali w Europie oraz Stanach Zjednoczonych, zrzeszonymi w Międzynarodowym Biurze Ewidencyjnym dla Stali w Hadze.

„W Przeglądzie“ tym, który jest skorowidzem opublikowanych w roku 1936 artykułów z zakresu budownictwa stalowego, uwzględniono najważniejsze czasopisma fachowe niemieckie, francuskie, belgijskie, angielskie, holenderskie i amerykańskie, oraz ciekawsze broszury, i książki, które omawiają powyższe

zagadnienie. Obok tytułu, autora artykułu oraz numeru czasopisma względnie nakładcy, podano krótkie streszczenie publikacji. Notatki zgrupowane są w sposób przejrzysty, ułatwiający orientację, w następujących działach: mechanika: stal — materiał i obróbka; budownictwo ogólne, mostowe i wodne; spawanie — teoria i obróbka, spawanie w budownictwie ogólnym i mostowym; komunikacja i budowa wagonów; drogi stalowe; opakowania ze stali; dźwigi; budowa statków; górnictwo; korozja; przepisy dotyczące zastosowania stali w konstrukcjach

Jako uzupełnienie tego „Przeglądu“ wydała „Poradnia“ równocześnie „Przegląd Polskiego Piśmiennictwa Technicznego z dziedziny żelaza, stali i ich zastosowań w konstrukcjach. 1936“ — Rok III. w którym podano w grupach, podobnie jak w „Przeglądzie Zagranicznym“, spis artykułów opublikowanych w polskich czasopismach fachowych z zakresu budownictwa stalowego 1936 r.

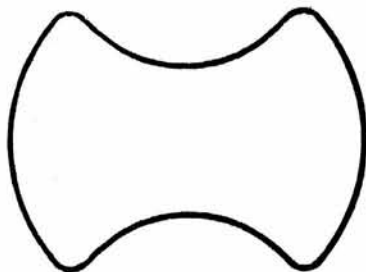
„ZBROJENIA BETONU“ Zwięzły podręcznik praktyczny dla techników i mistrzów budowlanych nakładem Wspólnoty Interesów Górniczo-Hutniczych S. A. Katowice 1937.

Bardzo dokładnie i rzeczowo tłumaczy książka ta zadania żelaza w ustrojach żelbetowych, oraz prowadzi czytelnika obrazkowymi przykładami do zrozumienia konieczności należytego — dokładnego uzbrojenia betonu.

Szczegółowo opracowane ustępy o wymiarach handlowych kształcie, łączeniu i rodzajach wkładek, jak też ich układach na wszystkich elementach konstrukcji żelbetowych, dają wystarczający pogląd na te sprawy i ułatwiają orientację.

Rozdziały o gięciu i montażu wkładek oraz o zbrojeniu wszystkich powszechniejszych rodzajów konstrukcji żelbetowych przedstawiają zupełnie fachowo te czynności.

W książce omawianej, zawierającej 125 stron druku i 75 rycin w tekście, potraktowana jest dość szeroko sprawa ulepszenia wkładek żelbetowych. W efekcie podane są walory —



Przekrój wkładek ze stali Griffel.

stwierdzone próbami i uznane przez czynniki miarodajne — stali „Griffel“, cechujące się:

- 1) specjalnym przekrojem
- 2) Wysoką wytrzymałością materiału (stal o K dop. = 1800kg/cm²) oraz
- 3) oszczędnością wynoszącą 12—15% kosztów kosztorysowych żelaza okrągłego.

Należy pozatym podkreślić wartość handlową stali „Griffel“, która pozwala, w przygotowanym projekcie zbrojenia żelazem okrągłym, zamienić je na wkładki „Griffel“, bez dodatkowych przeliczeń.

Jakkolwiek wydawnictwo „Zbrojenie betonu“ nosi cechy prapagandowego (chodzi tu o propagandę zastosowania do zbrojenia stali „Griffel“ wyrobu „Wspólnoty Interesów Górniczo-Hutniczych S. A.“), to jednak wszystkie zalecenia i przykłady autora mogą być z pożytkiem wykorzystane przy zbrojeniu żelazem okrągłym, względnie innymi gatunkami stali wysoko-wartościowych.

Podręcznik ten może z wielkim pożytkiem pouczyć wykonawców obiektów żelbetowych (przeważnie budowniczych i mistrzów budowlanych) oraz wprowadzić ich na właściwe sposoby wykonywania tych budowli.

W. K.

„WIBRATORY W BUDOWNICTWIE“, uzupełniona odtwórka artykułów w „Cemencie“, opracowanych przez inż. J. Choroszuć i inż. S. Gładkich, nakładem Związku Polskich Fabryk Cementu, str. 80, cena 1 zł.

Książka ta zawiera rozdziały: nowoczesne vibratory, ich konstrukcja i zastosowanie (vibratory spalinowe, elektryczne, i pneumatyczne), zalety i wadyibratorów, technika wibrowania, vibratory w budownictwie, opis wyrobów wibrowanych, a w końcu warunki bezpieczeństwa przy pracy vibratorami.

Treść jej daje dość jasny pogląd na wszystkie cechy vibratorów, mających w budownictwie betonowym i żelbetowym coraz większe zastosowanie ze względu na efektywne korzyści spowodowane poprostu doskonałym skompromowaniem masy betonowej we wszystkich elementach poddawanych odpowiedniemu wibrowaniu. Stosowanie właściwych, celom form oraz rodzajów vibratorów prowadzi do znacznych ulepszeń betonu, jego należytego zagęszczenia, skraca czas trzymania w szalowaniu, oraz ułatwia pracę złączoną z szczelnym wypełnianiem form, czy szalowań.

Idąc z postępem techniki, należy bacznie śledzić wszystkie ulepszenia z dziedziny vibratorów, już dziś szeroko stosowanych zagranicą (szczególnie w Stanach Zj. Ameryki) i zapoznać się szczegółowo z tenlencjami stosowania tych przyrządów, oraz wynikami uzyskanymi w praktyce.

Broszurka „Vibratory w budownictwie“ całkiem dobrze te rzeczy przedstawia i zasługuje na szersze rozpowszechnienie.

„NIEBEZPIECZEŃSTWO TECHNIKI I CYWILIZACJA PRZEMYSŁOWA“ inż. Marcin Maślanka. — Legenda XX wieku. Skład główny: Księgarnia A. Krawczyński Lwów. Cena 5.80.

Treść podzielona została na cztery części: 1) Zaranie, rozwój i przeros techniki, 2) Wynalazczość techniczna i potrzeby społeczne, 3) Niebezpieczeństwo techniki i jego równoważnik. Porządek techniki i powikłania życiowe.

Pracę autor poświęca Polskiemu T-wu Politechnicznemu w 60-letnią rocznicę jego istnienia.

TREŚĆ ZESZYTU:

Komunikaty	183
Od Redakcji	184
Pol. Tow. Politechniczne	185
St. Micewicz Czynniki organizacji wytwórczości	186
Inż. F. Czetwertyński Rozpoczęcie budowy zapory w Rożnowie	192
Inż. Z. Sokalski Zagadnienie kolonizacji lnu	197
Inż. K. Hołowiecki Chemiczny Instytut Badawczy	200
R. Nyga O elektryfikacji okręgu paryskiego	202
Inż. A. Krüger Droga	209
Dr J. Kozicki Zagadnienie przeróbki ropy naftowej	215
Inż. M. Günther Zagadnienie elektryfikacji	216
Prof. Inż. A. Miszke i wsp. Zagadnienie komunikacji kolejowej	219
Inż. Ł. Dorosz Teoria jednorodnej linii telefonicznej	223
St. Turowicz Lwowski Chór Techniczny nad Bałtykiem	228
Z Wydawnictw nadesłanych	229

Warunki prenumeraty:

rocznie zł. 6.—, półrocznie zł. 3.—.
Prenumeratę należy wpłacać na konto PKO Nr 152.163 lub pocztowymi „Przekazami rozrachunkowymi“ — Nr Rozrachunku 96.

Wkładka dostarczona zł. 100. Fotografie, klisze oraz specjalne roboty introligatorskie — na rachunek klienta. Prenumeratę przyjmuje się na okres kalendarzowy i wymawia przed jego upływem, inaczej pismo wysyłane jest nadal, a prenumerator zaciąga wobec Wydawnictwa dług.

Redaktor odp. Inż. Michał J. Brzostowski.

Ceny ogłoszeń:

miejsce	str. 1	1/2	1/4	1/8	1/16	4-ta strona okładki i ogłoszenia zagraniczne 50% drożej.
po treści	150	80	45	30	20	
przed treść	200	110	60	35	25	
okładkowe	300	160	85	—	—	

Wydawca: Two Bratniej Pomocy Stud. Pol. Lw.