

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

- O pewnym przypadku zgięcia belki podłużnie ściskanej, ważnym w statyce lotniczej, nap. Dr. Inż. M. T. Huber, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- Nowoczesne francuskie silniki lotnicze, (c. d.) nap. K. Księski, Inżynier.
- Wodociągi i kanalizacje w uzdrowiskach polskich w myśl nowego ustawodawstwa, nap. Inż. Mag. Z. Rudolf.
- Przegląd pism technicznych.
- Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

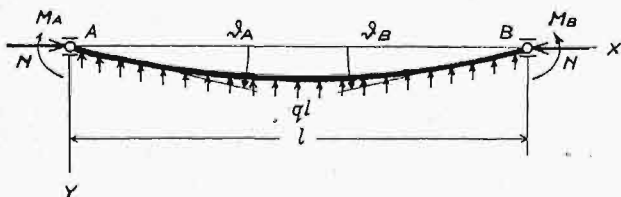
SOMMAIRE:

- Sur un cas de la flexion d'une poutre soumise à la pression longitudinale, ayant importance dans la statique aéronautique, par M. M. T. Huber, Dr., Ing., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.
- Les modernes moteurs français d'aviation (suite), par M. K. Księski, Ingénieur.
- L'alimentation en eau potable et la canalisation des eaux d'égouts dans les stations climatiques polonaises, par M. Z. Rudolf, Ingénieur.
- Revue documentaire.
- Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

O pewnym przypadku zgięcia belki podłużnie ściskanej, ważnym w statyce lotniczej.

Napisał M. T. Huber.

1. Każde oddzielne przeszło podłużnicy skrzydła może być traktowane jako belka prosta obciążona na całej długości (z mniejszem lub większem przybliżeniem) równomiernie siłami powietrznymi (q kg/cm), zaś na końcach A i B parami sił o momentach M_A i M_B , oraz siłami rozciągającymi lub ściskającymi N, N (rys. 1). Reakcje podpór na końcach tej belki (pomyślanej w położeniu poziomem) mogą być oczywiście skierowane do góry lub na dół, zgodnie lub nie, zależnie od znaków algebraicznych i wartości M_A, M_B i ql .



Rys. 1.

Obierzmy początek układu spólrzędnych w końcu A, oś AB jako dodatnią oś X-ów, a dodatnią oś Y-ów skierowaną pionowo w dół. Przyjmijmy, że dodatnie momenty M_A i M_B wyginają belkę wypukłością w dół, a obciążenie q działa od spodu. Niechaj A i B oznaczają reakcje podpór A i B, uważane jako wielkości dodatnie, gdy są skierowane w dół. Wtedy warunek momentów względem podpory B daje:

$$M_A - M_B + ql \cdot \frac{l}{2} - Al = 0.$$

Stąd $A = q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_A - M_B}{l}$ i podobnie $B = \frac{ql}{2} + \frac{M_B - M_A}{l}$.

Przyjawszy nadto, że dodatnie wartości sił osiowych N, N odpowiadają przypadkowi ściskania, znajdujemy dla momentu zginającego w dowolnym przekroju wyrażenie:

$$M = M_A + N \cdot y - \left(\frac{ql}{2} + \frac{M_A - M_B}{l} \right) x + \frac{qx^2}{2}, \dots \dots \dots (1)$$

ważne dla $0 \leq x \leq l$.

Ażeby oznaczyć wartość momentu w każdym przekroju belki i znaleźć skrajne wartości naprężeń, decydujące o jej wytrzymałości, musimy znać ugięcia y w zależności od x . W tym celu całkujemy przybliżone równanie różniczkowe linii ugięcia

$$EJ \frac{d^2y}{dx^2} = -M.$$

Po oznaczeniu dla skrócenia

$$\frac{EJ}{N} = k^2,$$

napiszemy je w postaci:

$$k^2 \frac{d^2y}{dx^2} + y = -\frac{1}{N} \left[M_A + (M_B - M_A) \frac{x}{l} - \frac{q}{2} (l-x)x \right] \dots \dots \dots (2)$$

Ogólną całką tego równania jest:

$$y = C_1 \cdot \cos \frac{x}{k} + C_2 \cdot \sin \frac{x}{k} + k^2 \frac{q}{N} - \frac{1}{N} \left[M_A + (M_B - M_A) \frac{x}{l} - \frac{q}{2} (l - x)x \right], \dots (3)$$

jak łatwo sprawdzić przez dwukrotne różniczkowanie i wstawienie wartości w równanie (2).

Z warunków podporowych: $y=0$ dla $x=0$ i dla $x=l$ znajdujemy następujące wartości stałych całkowania:

$$C_1 = \frac{D_1}{N}, C_2 = \frac{1}{N} \cdot \frac{D_2 - D_1 \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha},$$

przy oznaczeniach pomocniczych: $D_1 = M_A - qk^2$;

$$D_2 = M_B - qk^2; \alpha = \frac{l}{k} = l \sqrt{\frac{N}{EJ}}.$$

Po wstawieniu tych wartości stałych w równanie (3), otrzymujemy równanie linii ugięcia w postaci:

$$y = \frac{1}{N} \left[D_1 \left(\cos \frac{x}{k} - \cotg \alpha \cdot \sin \frac{x}{k} \right) + D_2 \operatorname{cosec} \alpha \cdot \sin \frac{x}{k} + qk^2 - M_A - (M_B - M_A) \frac{x}{l} + \frac{q}{2} (l - x)x \right] \dots (3a)$$

Należy przytem zwrócić uwagę na to, że znaleziona postać równania linii ugięcia jest ważną tylko dla przedziału wartości N , określonego nierównością:

$$0 < N < N^*,$$

przyczem $N^* = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{EJ}{l^2}$. Albowiem dla wartości N zbliżających się do N^* zdejmuje α do wartości $\frac{\pi}{2}$ i po prawej stronie równania (3a) pojawiają się wyrazy zdążające do nieskończoności.

Wstawivszy wartość y w wyrażenie dla momentu zginającego (1), znajdujemy:

$$M = D_1 \left(\cos \frac{x}{k} - \cotg \alpha \cdot \sin \frac{x}{k} \right) + D_2 \operatorname{cosec} \alpha \cdot \sin \frac{x}{k} + qk^2 \dots (4)$$

przy oznaczeniach skracających, jak powyżej, t. j.:

$$D_1 = M_A - qk^2, D_2 = M_B - qk^2, \alpha = \frac{l}{k} = l \sqrt{\frac{N}{EJ}}$$

$$M_{extr.} = qk^2 \left[1 \pm \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\left(\frac{M_A}{qk^2} - 1 \right)^2 + \left(\frac{M_B}{qk^2} - 1 \right)^2 - 2 \left(\frac{M_A}{qk^2} - 1 \right) \left(\frac{M_B}{qk^2} - 1 \right) \cos \alpha} \right], \dots (6)$$

Tutaj łatwo sprawdzić, że dla $x=0$ jest $M=M_A$, zaś dla $x=l$ $M=M_B$, jak być powinno. Pomiedzy podporami znajdzie się jednak przekrój, w którym moment osiągnie ekstremum. Do wyznaczenia tej wartości posłuży warunek:

$$\frac{dM}{dx} = 0,$$

czyli:
$$\frac{1}{k} \left[\cos \frac{x}{k} (D_2 \operatorname{cosec} \alpha - D_1 \cotg \alpha) - D_1 \sin \frac{x}{k} \right] = 0,$$

skąd:
$$\operatorname{tg} \frac{x}{k} = \frac{D_2 - D_1 \cos \alpha}{D_1 \sin \alpha}.$$

Tej wartości odpowiada:

$$\left. \begin{aligned} \cos \frac{x}{k} &= \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{k}}} = \\ &= \pm \frac{D_1 \sin \alpha}{\sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2 D_1 D_2 \cos \alpha}} \\ \sin \frac{x}{k} &= \frac{\operatorname{tg} \frac{x}{k}}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{x}{k}}} = \\ &= \pm \frac{D_2 - D_1 \cos \alpha}{\sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2 D_1 D_2 \cos \alpha}} \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

Ponieważ przekrój, w którym zachodzi szukane ekstremum momentu zginającego, leżeć musi na rozpiętości przęsła, więc powyższe wyrażenia są

ważne dla $x < l$, czyli dla $\frac{x}{k} < \frac{l}{k}$.

Zważywszy zaś, że

$$\frac{l}{k} = l \sqrt{\frac{N}{EJ}}, \text{ zaś: } N < N^* = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{EJ}{l^2}, \text{ widzimy,}$$

iż zarazem zachodzą nierówności:

$$\frac{x}{k} < \frac{\pi}{2} \quad \text{ i } \quad \alpha = \frac{l}{k} < \frac{\pi}{2}.$$

Z tego wynika, że ekstremum momentu zajdzie w rzeczywistości tylko wtedy, gdy wyrażenia (5)

dla $\cos \frac{x}{k}$ i $\sin \frac{x}{k}$ są jednocześnie dodatnie.

Wobec tego, że najczęściej jest D_1 i zarazem $D_1 \sin \alpha$ ujemne, napiszemy po prawej stronie tych wyrażeni \mp , dla uwydatnienia, że zwykle obowiązować będzie znak $-$. Znak $+$ obowiązywałby tylko pod warunkiem, że będzie zarazem tak D_1 , jak i $D_2 - D_1 \cos \alpha$ dodatnie.

Wstawivszy teraz wartości (5) w wyrażenie dla momentu (4), otrzymujemy po prostych przekształceniach:

przyczem, jak poprzednio, $k^2 = \frac{EJ}{N}$, $\alpha = \frac{l}{k}$. Ważność wzoru jest nadto ograniczona warunkiem:

$$N > 0.$$

Dla drugiej pochodnej momentu mamy wyrażenie:

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -\frac{1}{k^2} \left[D_1 \cos \frac{x}{k} + \frac{1}{\sin \alpha} (D_2 - D_1 \cotg \alpha) \sin \frac{x}{k} \right],$$

które w miejscu $M_{extr.}$ przybiera wartość:

$$\pm \frac{1}{k^2 \sin \alpha} \sqrt{D_1^2 + D_2^2 - 2 D_1 D_2 \cos \alpha}.$$

A zatem pierwsza z dwu wartości wyrażenia (6) dla $M_{extr.}$ odpowiada *minimum* (algebraicznemu), druga zaś — *maximum* momentu.

Skoro w szczególnym przypadku:

$M_A = M_B = 0$, to $D_1 = -qk^2$, $D_2 = D_1 \cos \alpha = -qk^2 (1 - \cos \alpha)$, we wzorze (6) jest przeto ważny tylko znak górny. Wtedy:

$$M_{extr.} = qk^2 \left[1 - \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{2 (1 - \cos \alpha)} \right] = qk^2 \left(1 - \sec \frac{\alpha}{2} \right) \dots \dots (6a)$$

Dla $N = 0$, $k = \infty$, $\alpha = 0$ staje się to wyrażenie symbolem nieoznaczonym. Ażeby znaleźć w tym przypadku prawdziwą wartość $M_{extr.}$, napiszemy wzór w postaci:

$$M_{extr.} = ql^2 \frac{\cos \frac{\alpha}{2} - 1}{\alpha^2 \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}$$

Zastąpiwszy teraz $\cos \frac{\alpha}{2}$ rozwinięciem w szereg

$$1 - \frac{1}{2!} \left(\frac{\alpha}{2} \right)^2 + \frac{1}{4!} \left(\frac{\alpha}{2} \right)^4 - \dots$$

otrzymamy:

$$M_{extr.} = ql^2 \frac{-\frac{1}{8} \cdot \alpha^2 + \frac{1}{4 \cdot 4!} \cdot \alpha^4 - \dots}{\alpha^2 - \frac{1}{8} \alpha^4 + \dots}$$

Stąd:

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} M_{extr.} = -\frac{ql^2}{8}$$

Wynik ten stanowi pożądane sprawdzenie ogólnego wzoru (6).

2. Droga prowadząca do powyższych wyników nie jest nową, jednakże wobec praktycznej doniosłości zagadnienia wypadało potraktować je starannie, niż to uczyniono dotychczas w trudno zresztą dostępnych publikacjach zagranicznych. Należy ono bowiem do typu zadań wytrzymałościowych, w których naprężenia nie są linjowo zależne od obciążeń, czyli w których nie zachodzi zasada superpozycji skutków nawet w granicach sprężystości. W takich zadaniach pewność (stopień bezpieczeństwa) nie da się określić stosunkiem znanej z doświadczeń wartości naprężenia niebezpiecznego danego materiału do skrajnej wartości naprężenia użytkowego, t. zn. zachodzącego przy obciążeniach rzeczywistych ($\sigma_{nieb.}$; $\sigma_{uz.}$) Rzeczywista pewność n , mierzona we wszelkich przypadkach stosunkiem obciążenia niebezpiecznego do obciążenia użytkowego, jest tutaj zgoła różna od tamtego stosunku, i to albo znacznie nieraz mniejsza, jak w zadaniu powyżej rozpatrywanem, albo też zna-

cznie większa, jak w zadaniu pręta jednocześnie zginanego i rozciąganego.

Rzecz jasna, że wzory powyżej wyprowadzone nie mają pretensji do wysokiej, teoretycznie osiągalnej ścisłości, nawet w granicach sprężystości, albowiem dla zgiętej osi belki przyjęto „przybliżone” równanie różniczkowe:

$$EJ \frac{d^2y}{dx^2} = -M, \text{ a nie „dokładne” } \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ}.$$

Atoli ścisłość taka byłaby najczęściej w praktyce zupełnie zbędna. Już bowiem w obrębie granic sprężystości jest różnica rozwiązania przybliżonego i dokładnego z reguły znacznie mniejsza od błędów, wynikających z niedokładnej wartości stałych sprężystości i wymiarów belki. Po przekroczeniu zaś granicy proporcjonalności materiału lub pojawieniu się wyraźnych odkształceń trwałych, zajdą tak znaczne odchylenia wartości rzeczywistych od teoretycznych, że dokładne obliczenia tychże staje się zupełnie złudnem.

Do bezpośredniego praktycznego zastosowania, posłuży przede wszystkim wzór (6) dla krańcowego momentu zgięcia. We wzór ten wstawimy wartości danych obciążeń N , q , M_A , M_B , pomnożone przez żadaną pewność n , a obliczywszy odpowiednią wartość $M_{extr.}$ i przyjąwszy wymiary przekroju, znajdujemy naprężenie skrajne ze wzoru:

$$\sigma = \frac{M_{extr.}}{W} + \frac{nN}{F}.$$

To naprężenie winno mieć wartość zbliżoną do $\sigma_{nieb.}$, t. j. do wartości niebezpiecznej. Jest nią granica plastyczności (płynności) w przypadku metali, które ją wyraźnie ujawniają, albo praktyczna granica sprężystości, jeżeli granica plastyczności nie jest dobrze uchwytna. W przypadku drzewa można zalecić przyjęcie granicy wytrzymałości na ściskanie, jako wartości $\sigma_{nieb.}$, jakkolwiek ta granica bardziej przewyższa odpowiednią granicę proporcjonalności, aniżeli to zachodzi u metali w odniesieniu do stosunku granicy plastyczności do granicy proporcjonalności.

3. Do dalszych zastosowań potrzebne są wzory na kąty „podporowe” ϑ_A i ϑ_B , t. zn. kąty, jakie tworzą styczne do ugiętej osi belki w przekrojach podporowych z pierwotnym kierunkiem osi. Znajdziemy je na mocy równań, określających:

$$\vartheta_A = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0}, \quad \vartheta_B = - \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=l}.$$

Różniczkowanie wyrażenia (3a) daje:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{N} \left[-\frac{D_1}{k} \left(\sin \frac{x}{k} + \cotg \alpha \cdot \cos \frac{x}{k} \right) + \frac{D_2}{k} \operatorname{cosec} \alpha \cdot \cos \frac{x}{k} - (M_B - M_A) \frac{1}{l} + \frac{q}{2} (l - 2x) \right].$$

A zatem:

$$\vartheta_A = \frac{1}{N} \left[-\frac{D_1}{k} \cotg \alpha + \frac{D_2}{k} \operatorname{cosec} \alpha + (M_A - M_B) \frac{1}{l} + \frac{ql}{2} \right],$$

a po wstawieniu wartości na D_1, D_2 i k :

$$\vartheta_A = \frac{1}{Nl} \left[M_A (1 - \alpha \cotg \alpha) + M_B (\alpha \operatorname{cosec} \alpha - 1) + \frac{ql^2}{\alpha} (\cotg \alpha - \operatorname{cosec} \alpha) + \frac{ql^2}{2} \right].$$

Ponieważ:

$$\frac{ql^2}{\alpha} (\cotg \alpha - \operatorname{cosec} \alpha) + \frac{ql^2}{2} = -ql^2 \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2} \right),$$

więc ostatecznie:

$$\vartheta_A = \frac{1}{Nl} \left[M_A (1 - \alpha \cotg \alpha) + M_B (\alpha \operatorname{cosec} \alpha - 1) - ql^2 \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2} \right) \right] \dots (7)$$

Podobnie otrzymujemy:

$$\vartheta_B = \frac{1}{Nl} \left[M_A (\alpha \operatorname{cosec} \alpha - 1) + M_B (1 - \alpha \cotg \alpha) - ql^2 \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2} \right) \right] \dots (7a)$$

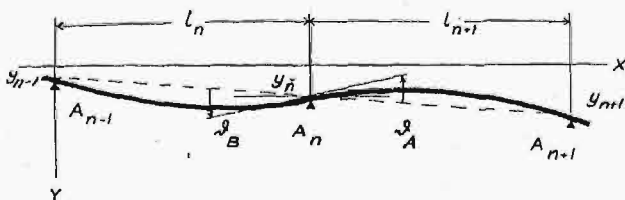
Wprowadziwszy skrócone oznaczenia:

$$\begin{aligned} \mu' &= \frac{1}{Nl} (1 - \alpha \cotg \alpha), \mu'' = \frac{1}{Nl} (\alpha \operatorname{cosec} \alpha - 1), \\ \mu''' &= \frac{1}{Nl} \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{2} \right), \end{aligned}$$

możemy równania (7) i (7a) napisać w postaci:

$$\begin{cases} \vartheta_A = M_A \cdot \mu' + M_B \cdot \mu'' - ql^2 \cdot \mu''' \\ \vartheta_B = M_A \cdot \mu'' + M_B \cdot \mu' - ql^2 \cdot \mu''' \end{cases} \dots (7b)$$

4. Przy pomocy powyższych wzorów łatwo wyprowadzić uogólnione równanie trzech momentów dla belki wieloprzęsłowej z uwzględnieniem obniżen y_{n-1}, y_n, y_{n+1} punktów podparcia A_{n-1}, A_n, A_{n+1} przęseł l_n i l_{n+1} (rys. 2).



Rys. 2.

Gdyby tych obniżen nie było, to równanie trzech momentów otrzymalibyśmy z warunków, że kąt ϑ_B dla przęseł l_n musi być równy co do wielkości, a co do znaku przeciwny kątowi ϑ_A dla przęseł l_{n+1} .

Czyli:

$$\vartheta_B^{(n)} = -\vartheta_A^{(n+1)}$$

Obniżenie podpór sprawia, że zamiast tego warunku należy napisać następujący:

$$\vartheta_B^{(n)} - \frac{y_n - y_{n-1}}{l_n} = -\vartheta_A^{(n+1)} - \frac{y_{n+1} - y_n}{l_{n+1}},$$

albowiem $\frac{y_n - y_{n-1}}{l_n}$ wyraża oczywiście (małe) zwiększenie prawego kąta podporowego w przęśle l_n (rys. 2), wywołane nierówną wysokością podpór. Zaś $(y_{n+1} - y_n) : l_{n+1}$ - analogiczne zmniejszenie lewego kąta podporowego w przęśle l_{n+1} . Warunek powyższy da się także przedstawić w postaci:

$$\vartheta_B^{(n)} + \vartheta_A^{(n+1)} = -\frac{y_{n+1} - y_n}{l_{n+1}} + \frac{y_n - y_{n-1}}{l_n} = \Delta\beta_n, \quad (8)$$

jeżeli kąt (b. mały) $\Delta\beta_n$ określimy jako kąt, o który trzeba obrócić oś prostą przęseł l_{n+1} około podpory A_n w kierunku przeciwnym wskazówce zegara, ażeby ta oś padła na kierunek osi przęseł l_n .

Po wstawieniu wartości (7b) z odpowiednimi wskaźnikami w warunek (8), otrzymamy:

$$\begin{aligned} M_{n-1} \mu''_n + M_n (\mu'_n + \mu'_{n+1}) + M_{n+1} \mu''_{n+1} = \\ = q_n^2 l_n^2 \mu'''_n + q_{n+1} l_{n+1}^2 \mu'''_{n+1} + \Delta\beta_n. \end{aligned} \quad (9)$$

Spółczynniki μ w tem równaniu można z korzyścią przedstawić w postaci następującej:

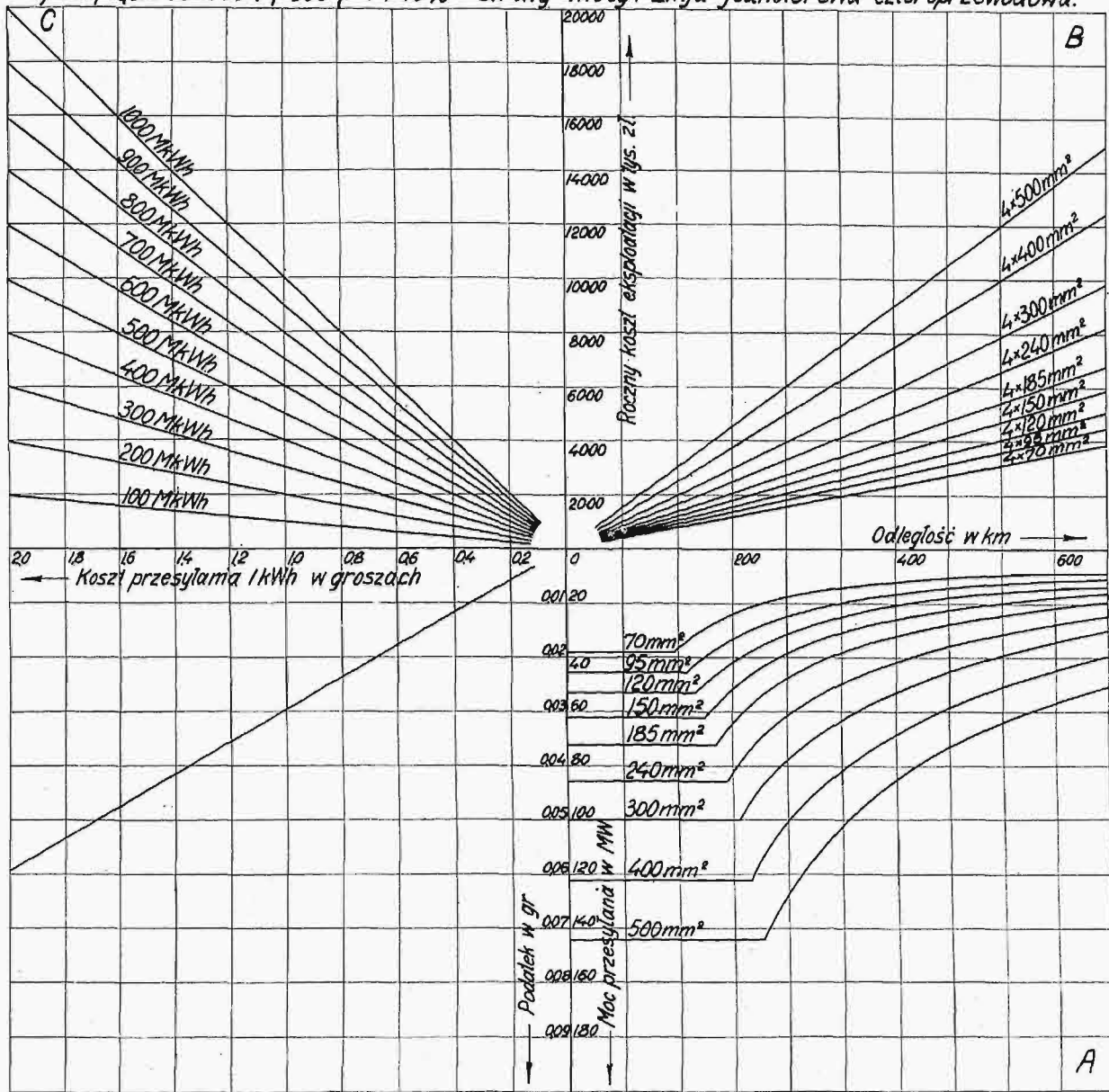
$$\left. \begin{aligned} \mu'_n &= \frac{2l_n}{6(EJ)_n} \cdot \left[\frac{3}{\alpha_n^2} (1 - \alpha_n \cotg \alpha_n) \right] \\ \mu''_n &= \frac{l_n}{6(EJ)_n} \cdot \left[\frac{6}{\alpha_n^2} \left(\frac{1}{\sin \alpha_n} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \\ \mu'''_n &= \frac{l_n}{24(EJ)_n} \cdot \left[\frac{24}{\alpha_n^3} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_n}{2} - \frac{\alpha_n}{2} \right) \right] \end{aligned} \right\} \dots (10)$$

$$\text{przyczem } \alpha_n = l_n \sqrt{\frac{N_n}{(EJ)_n}}$$

W oznaczeniach powyższych tkwi założenie, że każde z przęseł posiada inną wartość sztywności zginania EJ oraz siły podłużnej N . Obrawszy teraz jakąkolwiek stałą wartość (pomocniczą) sztywności zginania (EJ) , pomnóżmy obie strony równania (9) przez $6(EJ)$, a otrzymamy:

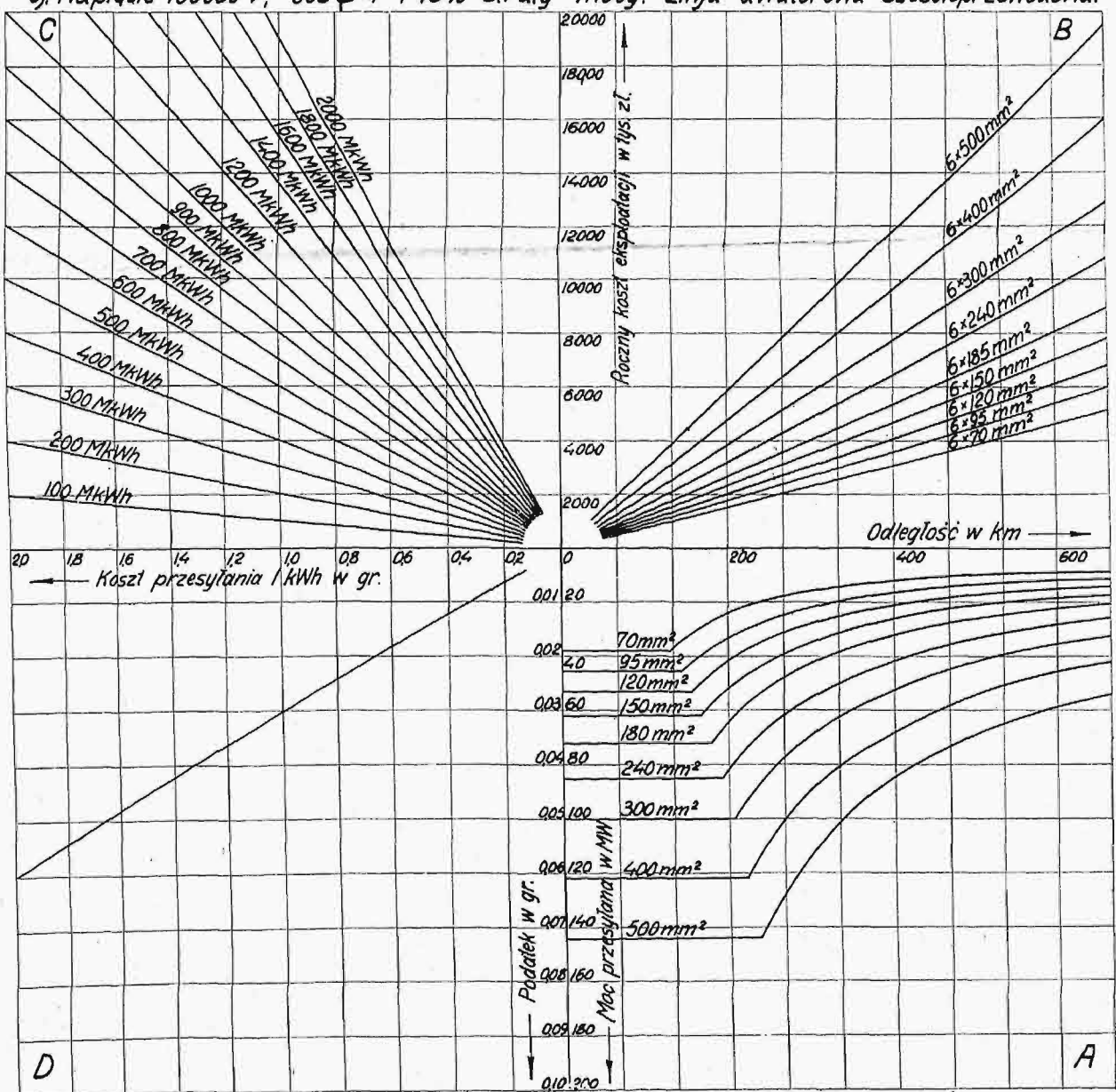
$$\begin{aligned} &M_{n-1} \cdot l_n \cdot \frac{(EJ)}{(EJ)_n} \left[\frac{6}{\alpha_n} \left(\frac{1}{\sin \alpha_n} - \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] + \\ &+ 2 \cdot M_n \left\{ l_n \cdot \frac{(EJ)}{(EJ)_n} \left[\frac{3}{\alpha_n^2} (1 - \alpha_n \cotg \alpha_n) \right] + \right. \\ &+ l_{n+1} \cdot \frac{(EJ)}{(EJ)_{n+1}} \left[\frac{3}{\alpha_{n+1}^2} (1 - \alpha_{n+1} \cotg \alpha_{n+1}) \right] \left. \right\} + \\ &+ M_{n+1} \cdot l_{n+1} \frac{(EJ)}{(EJ)_{n+1}} \left[\frac{6}{\alpha_{n+1}} \left(\frac{1}{\sin \alpha_{n+1}} - \frac{1}{\alpha_{n+1}} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{4} q_n \cdot l_n^2 \cdot \frac{(EJ)}{(EJ)_n} \left[\frac{24}{\alpha_n^3} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_n}{2} - \frac{\alpha_n}{2} \right) \right] + \\ &+ \frac{1}{4} q_{n+1} l_{n+1}^2 \frac{(EJ)}{(EJ)_{n+1}} \left[\frac{24}{\alpha_{n+1}^3} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_{n+1}}{2} - \frac{\alpha_{n+1}}{2} \right) \right] + \\ &+ 6(EJ) \cdot \Delta\beta_n \dots (11) \end{aligned}$$

Wykres 5. Koszt przesyłania energii.
d) Napięcie 100000 V; $\cos\varphi=1$ i 10% straty mocy. Linia jednorodna czteroprzewodowa.



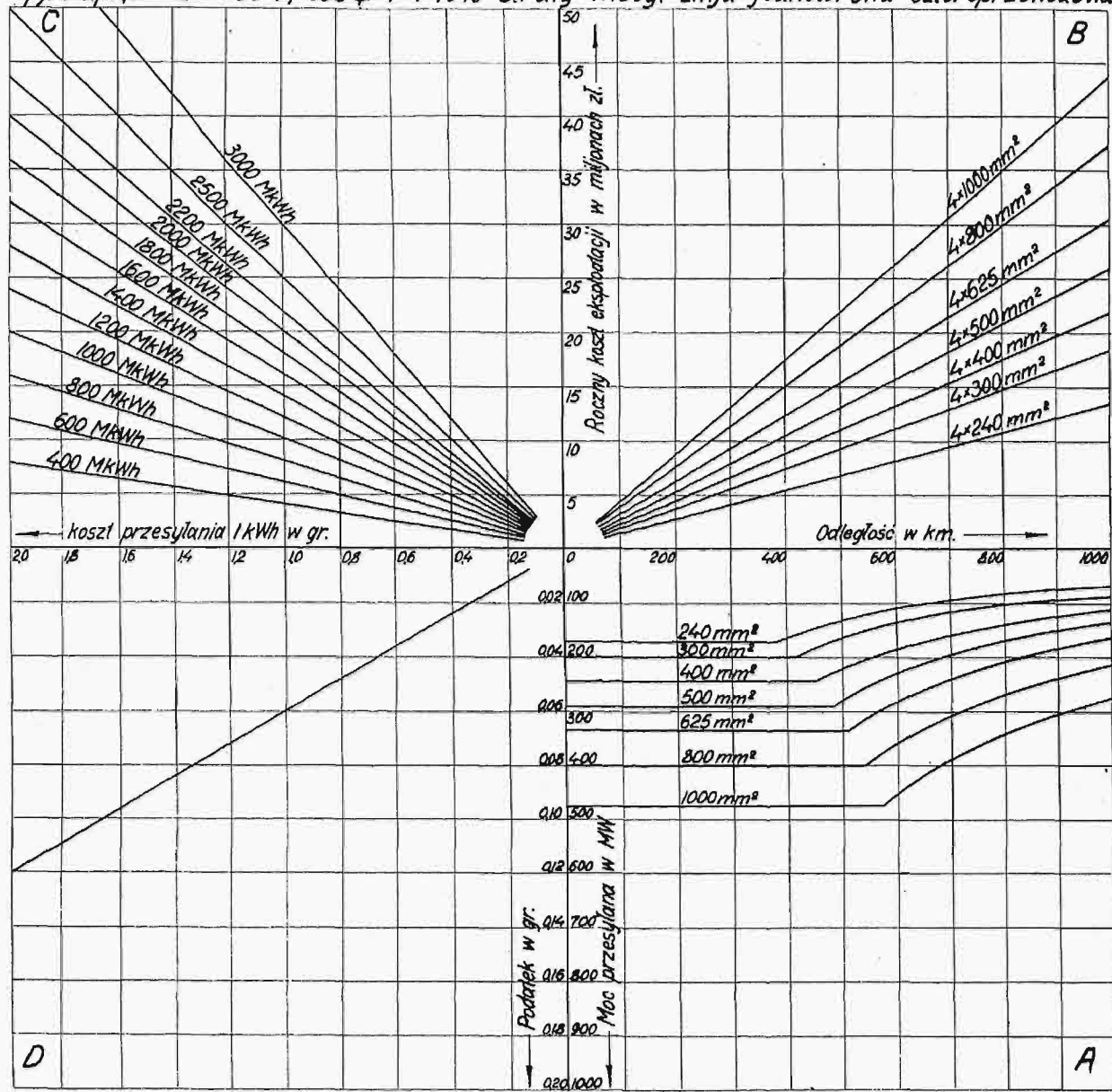
Rys. 5d.

Wykres 5. Koszt przesyłania energii.
e) Napięcie 100000 V; $\cos\varphi=1$ i 10% straty mocy. Linia dwutorowa sześcioprzewodowa.



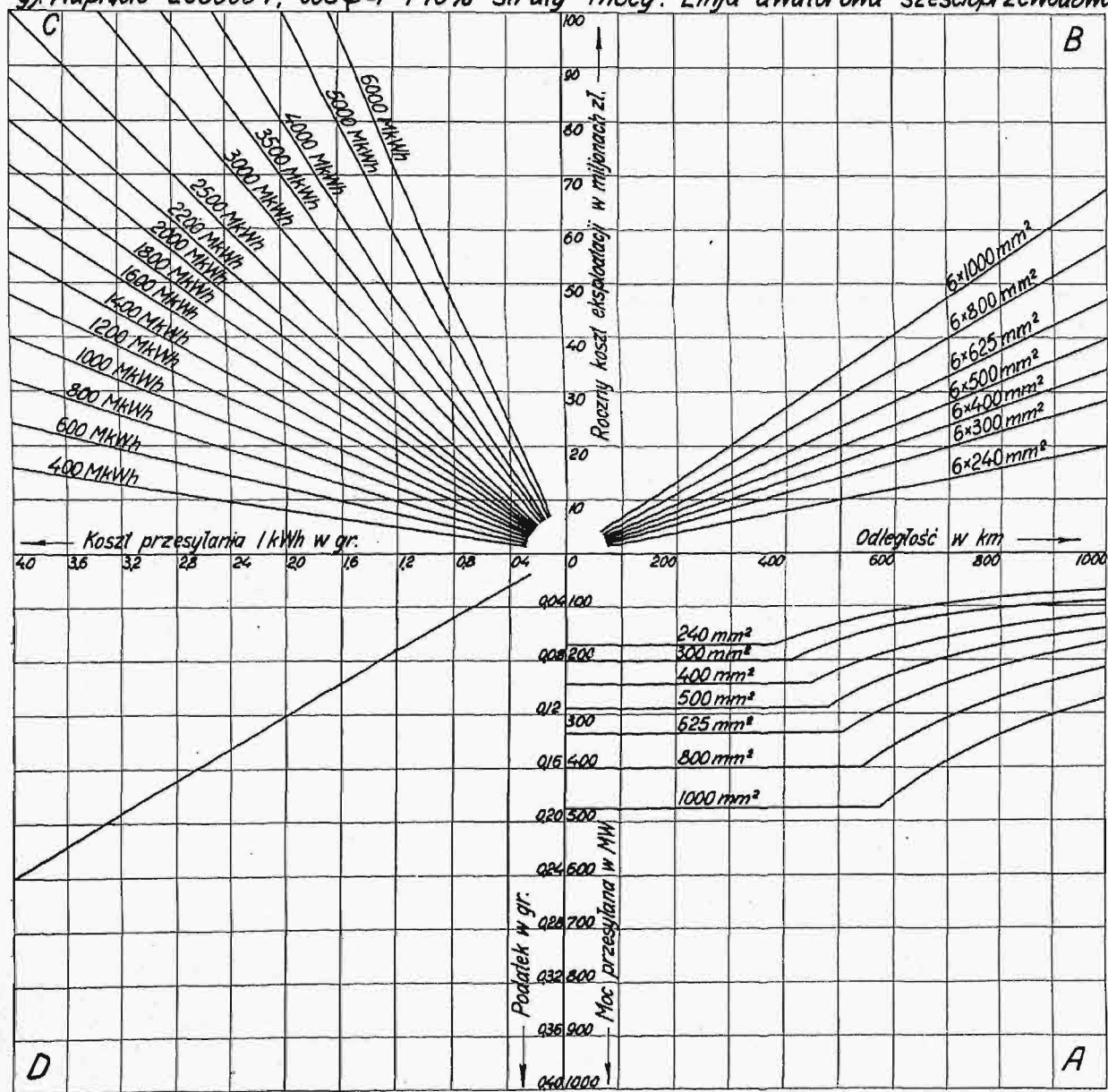
Rys. 5e.

Wykres 5. Koszt przesyłania energii.
f) Napięcie 200000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy. Linja jednotorowa czteroprzewodowa.



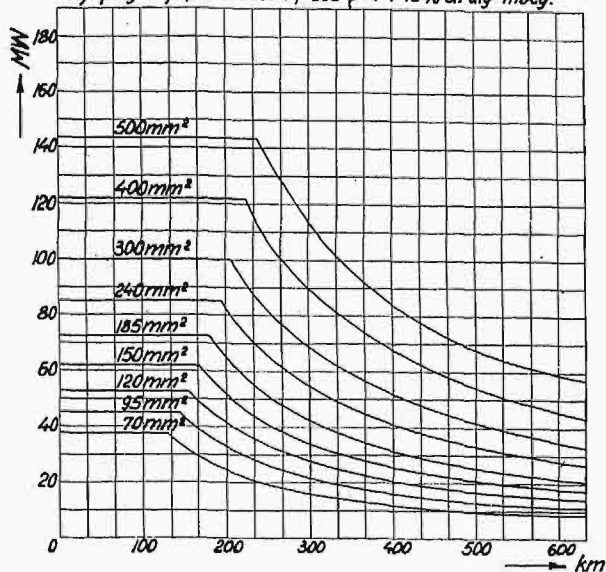
Rys. 5f.

Wykres 5. Koszt przesyłania energii.
g) Napięcie 200000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy. Linja dwutorowa sześcioprzewodowa.



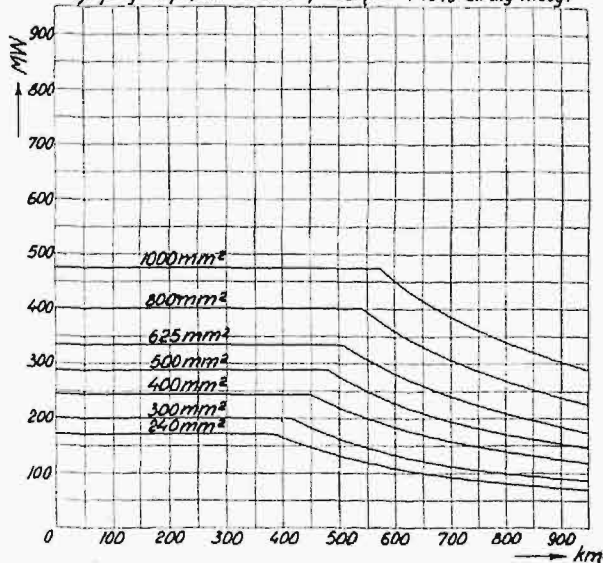
Rys. 5g.

Wykres 4d. Zdolność przesyłowa przewodów miedzianych napowietrznych. d) przy napięciu 100000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy.



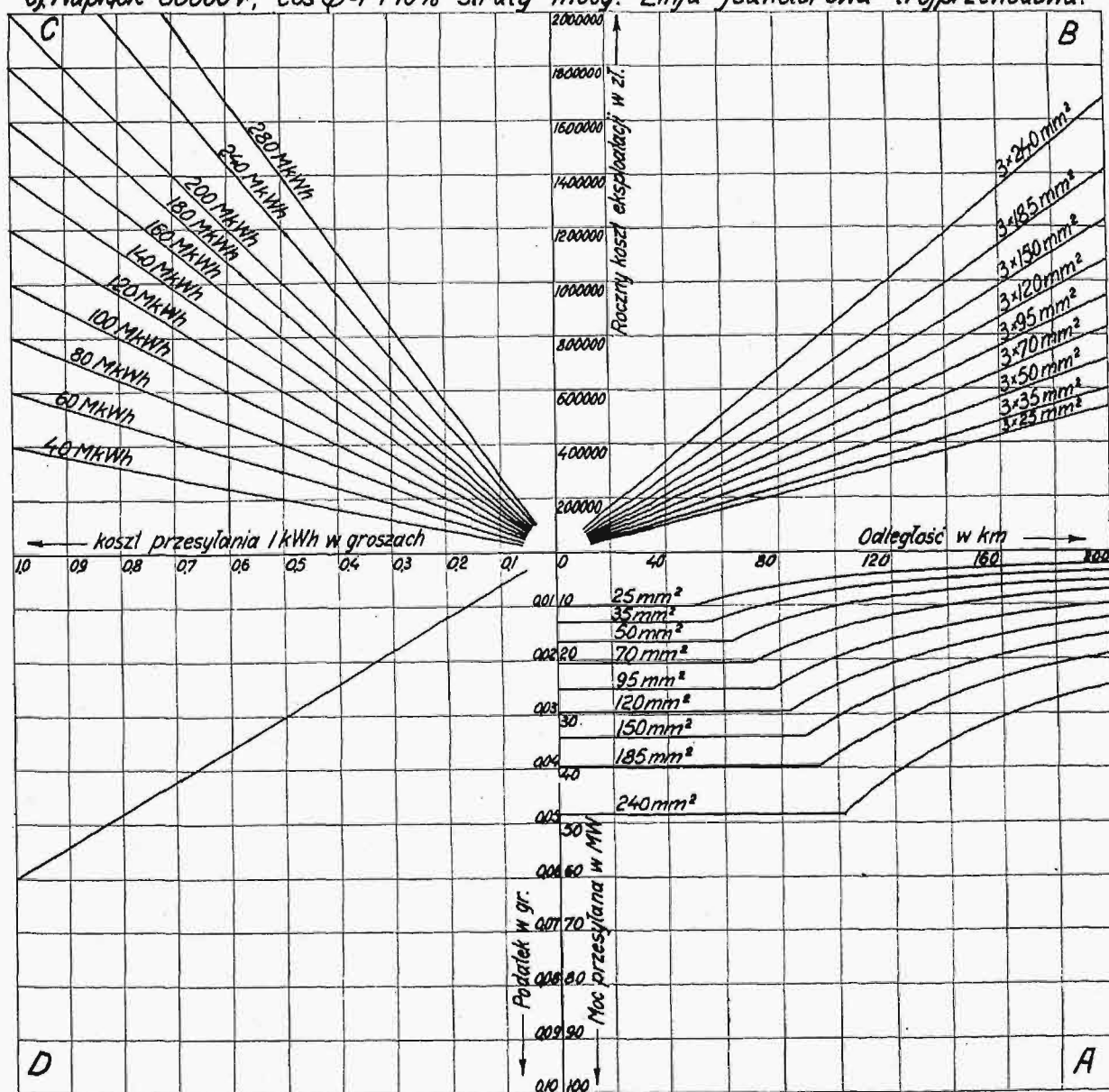
Rys. 4d.

Wykres 4e Zdolność przesyłowa przewodów miedzianych napowietrznych. e) przy napięciu 200000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy.



Rys. 4e.

Wykres 5. Koszt przesyłania energii. c) Napięcie 60000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy. Linia jednolitorowa trójprzewodowa.



Rys. 5c.

TABLICA FUNKCYJ

$$\text{nakom}(\alpha) = \frac{6}{\alpha} \left[\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\alpha} \right], \quad \text{napum}(\alpha) = \frac{3}{\alpha} \left[\frac{1}{\alpha} - \cotg \alpha \right], \quad \text{naob}(\alpha) = \frac{24}{\alpha^3} \left[\tg \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} \right].$$

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)	α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
0	0	1.0000	1.0000	1.0000	2.30383	132	2.3741	1.7377	2.1474
0.03491	2	1.0001	1.0001	1.0001	2.33874	134	2.4095	1.7872	2.2260
0.06981	4	1.0006	1.0003	1.0005	2.37365	136	2.5739	1.8412	2.3119
0.10472	6	1.0013	1.0007	1.0011	2.40855	138	2.6886	1.9005	2.4061
0.13963	8	1.0023	1.0013	1.0019	2.44346	140	2.8152	1.9657	2.5100
0.17453	10	1.0036	1.0020	1.0030					
					2.44695	140.2	2.8286	1.9725	2.5210
0.20944	12	1.0051	1.0029	1.0044	2.45044	140.4	2.8421	1.9795	2.5321
0.24435	14	1.0070	1.0040	1.0060	2.45393	140.6	2.8557	1.9865	2.5433
0.27925	16	1.0092	1.0052	1.0078	2.45742	140.8	2.8695	1.9936	2.5546
0.31416	18	1.0116	1.0066	1.0099	2.46091	141.0	2.8835	2.0008	2.5660
0.34907	20	1.0144	1.0082	1.0123					
					2.46440	141.2	2.8976	2.0080	2.5776
0.38397	22	1.0175	1.0100	1.0150	2.46789	141.4	2.9118	2.0153	2.5893
0.41888	24	1.0209	1.0120	1.0179	2.47138	141.6	2.9262	2.0227	2.6011
0.45379	26	1.0246	1.0140	1.0210	2.47487	141.8	2.9407	2.0302	2.6130
0.48869	28	1.0286	1.0163	1.0245	2.47837	142.0	2.9554	2.0378	2.6250
0.52360	30	1.0329	1.0188	1.0282					
					2.48186	142.2	2.9703	2.0454	2.6372
0.55851	32	1.0376	1.0214	1.0322	2.48535	142.4	2.9853	2.0531	2.6495
0.59341	34	1.0427	1.0243	1.0365	2.48884	142.6	3.0005	2.0609	2.6620
0.62832	36	1.0481	1.0273	1.0411	2.49233	142.8	3.0159	2.0688	2.6746
0.66323	38	1.0538	1.0306	1.0460	2.49582	143.0	3.0314	2.0767	2.6873
0.69813	40	1.0599	1.0341	1.0513					
					2.49931	143.2	3.0471	2.0848	2.7001
0.73304	42	1.0664	1.0377	1.0568	2.50280	143.4	3.0630	2.0929	2.7131
0.76794	44	1.0734	1.0416	1.0628	2.50629	143.6	3.0790	2.1011	2.7263
0.80285	46	1.0807	1.0458	1.0690	2.50978	143.8	3.0953	2.1095	2.7396
0.83776	48	1.0884	1.0502	1.0756	2.51327	144.0	3.1117	2.1179	2.7530
0.87266	50	1.0966	1.0548	1.0825					
					2.51676	144.2	3.1283	2.1264	2.7666
0.90757	52	1.1052	1.0596	1.0898	2.52025	144.4	3.1451	2.1350	2.7804
0.94248	54	1.1143	1.0647	1.0976	2.52374	144.6	3.1621	2.1437	2.7943
0.97738	56	1.1239	1.0701	1.1058	2.52723	144.8	3.1792	2.1524	2.8084
1.01229	58	1.1340	1.0758	1.1144	2.53073	145.0	3.1966	2.1614	2.8226
1.04720	60	1.1446	1.0817	1.1234					
					2.53422	145.2	3.2142	2.1704	2.8370
1.08210	62	1.1558	1.0879	1.1329	2.53771	145.4	3.2320	2.1795	2.8516
1.11701	64	1.1675	1.0945	1.1428	2.54120	145.6	3.2500	2.1887	2.8663
1.15192	66	1.1799	1.1013	1.1533	2.54469	145.8	3.2683	2.1980	2.8812
1.18682	68	1.1928	1.1086	1.1643	2.54818	146.0	3.2867	2.2074	2.8963
1.22173	70	1.2065	1.1161	1.1759					
					2.55167	146.2	3.3054	2.2170	2.9116
1.25664	72	1.2208	1.1241	1.1880	2.55516	146.4	3.3243	2.2266	2.9270
1.29154	74	1.2359	1.1324	1.2007	2.55865	146.6	3.3434	2.2364	2.9427
1.32645	76	1.2517	1.1412	1.2140	2.56214	146.8	3.3627	2.2463	2.9585
1.36136	78	1.2683	1.1503	1.2281	2.56563	147.0	3.3823	2.2563	2.9746
1.39626	80	1.2858	1.1600	1.2429					
					2.56912	147.2	3.4022	2.2664	2.9908
1.43117	82	1.3042	1.1701	1.2584	2.57261	147.4	3.4223	2.2767	3.0072
1.46608	84	1.3236	1.1807	1.2747	2.57610	147.6	3.4426	2.2871	3.0238
1.50098	86	1.3440	1.1918	1.2918	2.57959	147.8	3.4632	2.2976	3.0407
1.53589	88	1.3654	1.2035	1.3099	2.58309	148.0	3.4841	2.3082	3.0577
1.57080	90	1.3880	1.2158	1.3289					
					2.58658	148.2	3.5052	2.3190	3.0750
1.60570	92	1.4118	1.2288	1.3489	2.59007	148.4	3.5266	2.3299	3.0925
1.64061	94	1.4370	1.2425	1.3700	2.59356	148.6	3.5483	2.3410	3.1102
1.67552	96	1.4635	1.2568	1.3922	2.59705	148.8	3.5702	2.3522	3.1282
1.71042	98	1.4915	1.2720	1.4157	2.60054	149.0	3.5925	2.3635	3.1464
1.74533	100	1.5211	1.2879	1.4405					
					2.60403	149.2	3.6150	2.3750	3.1648
1.78024	102	1.5524	1.3048	1.4666	2.60752	149.4	3.6379	2.3866	3.1834
1.81514	104	1.5856	1.3226	1.4944	2.61101	149.6	3.6610	2.3984	3.2023
1.85005	106	1.6208	1.3415	1.5237	2.61450	149.8	3.6845	2.4104	3.2215
1.88496	108	1.6582	1.3615	1.5549	2.61799	150.0	3.7083	2.4225	3.2409
1.91986	110	1.6979	1.3827	1.5880					
					2.62148	150.2	3.7323	2.4348	3.2606
1.95477	112	1.7403	1.4052	1.6232	2.62497	150.4	3.7568	2.4472	3.2806
1.98968	114	1.7853	1.4291	1.6607	2.62846	150.6	3.7815	2.4598	3.3008
2.02458	116	1.8335	1.4546	1.7007	2.63195	150.8	3.8066	2.4726	3.3213
2.05949	118	1.8850	1.4818	1.7434	2.63545	151.0	3.8321	2.4855	3.3421
2.09440	120	1.9401	1.5109	1.7891					
					2.63894	151.2	3.8579	2.4987	3.3631
2.12930	122	1.9994	1.5421	1.8381	2.64243	151.4	3.8841	2.5120	3.3845
2.16421	124	2.0631	1.5755	1.8908	2.64592	151.6	3.9107	2.5255	3.4062
2.19911	126	2.1318	1.6115	1.9476	2.64941	151.8	3.9376	2.5392	3.4282
2.23402	128	2.2060	1.6503	2.0089	2.65290	152.0	3.9650	2.5531	3.4505
2.26893	130	2.2865	1.6922	2.0753					

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)	α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
2.65639	152.2	3.9927	2.5672	3.4731	2.90074	166.2	7.9584	4.5671	6.6994
2.65988	152.4	4.0208	2.5814	3.4961	2.90423	166.4	8.0746	4.6255	6.7938
2.66337	152.6	4.0494	2.5959	3.5194	2.90772	1° 6.6	8.1943	4.6856	6.8910
2.66686	152.8	4.0784	2.6107	3.5431	2.91121	166.8	8.3176	4.7475	6.9911
2.67035	153.0	4.1078	2.6256	3.5671	2.91470	167.0	8.4447	4.8114	7.0944
2.67384	153.2	4.1376	2.6408	3.5914	2.91819	167.2	8.5750	4.8772	7.2008
2.67733	153.4	4.1680	2.6561	3.6162	2.92168	167.4	8.7112	4.9451	7.3107
2.68082	153.6	4.1987	2.6718	3.6412	2.92517	167.6	8.8508	5.0152	7.4241
2.68431	153.8	4.2300	2.6876	3.6667	2.92866	167.8	8.9951	5.0876	7.5412
2.68781	154.0	4.2617	2.7037	3.6926	2.93215	168.0	9.1442	5.1624	7.6622
2.69130	154.2	4.2940	2.7201	3.7189	2.93564	168.2	9.2983	5.2398	7.7874
2.69479	154.4	4.3267	2.7367	3.7456	2.93913	168.4	9.4578	5.3198	7.9168
2.69828	154.6	4.3600	2.7535	3.7727	2.94262	168.6	9.6229	5.4026	8.0508
2.70177	154.8	4.3938	2.7707	3.8003	2.94611	168.8	9.7939	5.4884	8.1896
2.70526	155.0	4.4281	2.7881	3.8288	2.94961	169.0	9.9711	5.5773	8.3335
2.70875	155.2	4.4631	2.8058	3.8568	2.95310	169.2	10.1548	5.6694	8.4827
2.71224	155.4	4.4986	2.8237	3.8857	2.95659	169.4	10.3457	5.7651	8.6375
2.71573	155.6	4.5346	2.8420	3.9151	2.96008	169.6	10.5438	5.8644	8.7982
2.71922	155.8	4.5731	2.8606	3.9450	2.96357	169.8	10.7497	5.9677	8.9653
2.72271	156.0	4.6086	2.8795	3.9754	2.96706	170.0	10.9638	6.0750	9.1391
2.72620	156.2	4.6465	2.8987	4.0063	2.97055	170.2	11.1867	6.1867	9.3200
2.72969	156.4	4.6857	2.9182	4.0377	2.97404	170.4	11.4189	6.3031	9.5084
2.73318	156.6	4.7243	2.9380	4.0697	2.97753	170.6	11.6610	6.4245	9.7049
2.73667	156.8	4.7643	2.9582	4.1022	2.98102	170.8	11.9137	6.5511	9.9098
2.74017	157.0	4.8049	2.9788	4.1353	2.98451	171.0	12.1776	6.6833	10.1239
2.74366	157.2	4.8462	2.9997	4.1690	2.98800	171.2	12.4535	6.8215	10.3478
2.74715	157.4	4.8883	3.0210	4.2032	2.99149	171.4	12.7423	6.9662	10.5821
2.75064	157.6	4.9311	3.0426	4.2381	2.99498	171.6	13.0448	7.1178	10.8275
2.75413	157.8	4.9748	3.0647	4.2737	2.99847	171.8	13.3621	7.2767	11.0849
2.75762	158.0	5.0192	3.0871	4.3098	3.00197	172.0	13.6954	7.4436	11.3552
2.76111	158.2	5.0644	3.1100	4.3467	3.00546	172.2	14.0457	7.6190	11.6394
2.76460	158.4	5.1105	3.1333	4.3842	3.00895	172.4	14.4144	7.8037	11.9384
2.76809	158.6	5.1575	3.1570	4.4224	3.01244	172.6	14.8032	7.9984	12.2537
2.77158	158.8	5.2058	3.1812	4.4613	3.01593	172.8	15.2135	8.2038	12.5865
2.77507	159.0	5.2541	3.2058	4.5010	3.01942	173.0	15.6473	8.4210	12.9384
2.77856	159.2	5.3038	3.2309	4.5415	3.02291	173.2	16.1067	8.6510	13.3109
2.78205	159.4	5.3545	3.2565	4.5828	3.02640	173.4	16.5939	8.8949	13.7060
2.78554	159.6	5.4062	3.2826	4.6248	3.02989	173.6	17.1116	9.1541	14.1259
2.78903	159.8	5.4589	3.3092	4.6677	3.03338	173.8	17.6627	9.4299	14.5727
2.79253	160.0	5.5127	3.3363	4.7115	3.03687	174.0	18.2506	9.7241	15.0495
2.79602	160.2	5.5675	3.3640	4.7561	3.04036	174.2	18.8791	10.0387	15.5592
2.79951	160.4	5.6235	3.3922	4.8017	3.04385	174.4	19.5525	10.3757	16.1052
2.80300	160.6	5.6807	3.4211	4.8482	3.04734	174.6	20.2758	10.7375	16.6917
2.80649	160.8	5.7390	3.4505	4.8957	3.05083	174.8	21.0548	11.1273	17.3233
2.80998	161.0	5.7986	3.4805	4.9442	3.05433	175.0	21.8961	11.5483	18.0054
2.81347	161.2	5.8595	3.5112	4.9937	3.05782	175.2	22.8076	12.0043	18.7444
2.81696	161.4	5.9217	3.5426	5.0442	3.06131	175.4	23.7983	12.5000	19.5478
2.82045	161.6	5.9853	3.5746	5.0959	3.06480	175.6	24.8792	13.0408	20.4240
2.82394	161.8	6.0502	3.6073	5.1488	3.06829	175.8	26.0631	13.6330	21.3839
2.82743	162.0	6.1166	3.6408	5.2028	3.07178	176.0	27.3653	14.2844	22.4396
2.83092	162.2	6.1845	3.6750	5.2580	3.07527	176.2	28.7947	15.0100	23.6021
2.83441	162.4	6.2540	3.7100	5.3145	3.07876	176.4	30.3644	15.8100	24.8988
2.83790	162.6	6.3251	3.7458	5.3722	3.08225	176.6	32.1823	16.7041	26.3482
2.84139	162.8	6.3978	3.7824	5.4314	3.08574	176.8	34.1937	17.7100	27.9787
2.84489	163.0	6.4722	3.8199	5.4919	3.08923	177.0	36.4733	18.8500	29.8266
2.84838	163.2	6.5485	3.8582	5.5538	3.09272	177.2	39.0785	20.1526	31.9385
2.85187	163.4	6.6265	3.8975	5.6173	3.09621	177.4	42.0846	21.6563	34.3753
2.85536	163.6	6.7065	3.9378	5.6823	3.09970	177.6	45.5916	23.4100	37.2183
2.85885	163.8	6.7885	3.9790	5.7489	3.10319	177.8	49.7363	25.4827	40.5781
2.86234	164.0	6.8725	4.0213	5.8172	3.10669	178.0	54.7170	27.9640	44.6100
2.86583	164.2	6.9587	4.0646	5.8873	3.11018	178.2	60.7888	31.0100	49.6100
2.86932	164.4	7.0471	4.1091	5.9591	3.11367	178.4	68.3875	34.8100	55.6975
2.87281	164.6	7.1378	4.1547	6.0328	3.11716	178.6	78.1571	39.6957	63.6201
2.87630	164.8	7.2309	4.2015	6.1084	3.12065	178.8	91.1833	46.2100	74.1933
2.87979	165.0	7.3265	4.2496	6.1861	3.12414	179.0	109.4200	55.3300	88.9600
2.88328	165.2	7.4246	4.2989	6.2658	3.12763	179.2	135.7750	69.0100	111.1350
2.88676	165.4	7.5255	4.3496	6.3478	3.13112	179.4	182.3666	91.8100	148.1350
2.89026	165.6	7.6292	4.4017	6.4320	3.13461	179.6	273.5500	137.4100	222.0100
2.89375	165.8	7.7359	4.4553	6.5186	3.13810	179.8	547.1000	274.2100	443.7600
2.89725	166.0	7.8456	4.5104	6.6077	3.14159	180.0	—	—	—

α	α^0	nakom(α)	napum(α)	naob(α)	α	α^0	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
w radja- nach	w stop- niach				w radja- nach	w stop- niach			
3.14503	180.2	-545.6810	-273.0	-443.2	3.38938	194.2	-7.7388	-3.2370	-5.9938
3.14852	180.4	-272.8423	-136.2	-221.5	3.39287	194.4	-7.6319	-3.1833	-5.9070
3.15201	180.6	-162.8598	-90.57	-147.6	3.39636	194.6	-7.5276	-3.1311	-5.8227
3.15550	180.8	-137.3982	-67.79	-110.6	3.39985	194.8	-7.4289	-3.0803	-5.7409
3.15899	181.0	-109.1363	-54.10	-88.5	3.40334	195.0	-7.3302	-3.0308	-5.6606
3.16248	181.2	-91.3779	-44.98	-73.6	3.40683	195.2	-7.2339	-2.9827	-5.5834
3.16597	181.4	-78.2692	-38.47	-63.1	3.41032	195.4	-7.1401	-2.9359	-5.5075
3.16946	181.6	-68.4489	-33.58	-55.18	3.41381	195.6	-7.0511	-2.8902	-5.4358
3.17296	181.8	-60.8176	-29.78	-49.02	3.41730	195.8	-6.9617	-2.8456	-5.3621
3.17645	182.0	-54.7184	-26.76	-44.09	3.42079	196.0	-6.8769	-2.8021	-5.2916
3.17994	182.2	-49.7294	-24.26	-40.06	3.42429	196.2	-6.7988	-2.7565	-5.2237
3.18343	182.4	-45.5747	-22.19	-36.70	3.42778	196.4	-6.7110	-2.7184	-5.1568
3.18692	182.6	-42.0594	-20.45	-33.86	3.43127	196.6	-6.6302	-2.6781	-5.0918
3.19041	182.8	-39.1271	-18.94	-31.42	3.43476	196.8	-6.5520	-2.6387	-5.0284
3.19390	183.0	-36.5080	-17.61	-29.31	3.43825	197.0	-6.4759	-2.6003	-4.9660
3.19739	183.2	-34.2170	-16.49	-27.46	3.44174	197.2	-6.4021	-2.5626	-4.9059
3.20088	183.4	-32.1954	-15.29	-25.83	3.44523	197.4	-6.3302	-2.5260	-4.8465
3.20437	183.6	-30.4000	-14.60	-24.83	3.44872	197.6	-6.2578	-2.4900	-4.7888
3.20786	183.8	-28.7939	-13.79	-23.08	3.45221	197.8	-6.1889	-2.4550	-4.7323
3.21135	184.0	-27.3496	-13.07	-21.92	3.45570	198.0	-6.1214	-2.4206	-4.6768
3.21484	184.2	-26.0771	-12.42	-20.85	3.45919	198.2	-6.0555	-2.3872	-4.6227
3.21833	184.4	-24.8858	-11.83	-19.90	3.46268	198.4	-5.9908	-2.3543	-4.5700
3.22182	184.6	-23.7984	-11.29	-19.02	3.46617	198.6	-5.9257	-2.3221	-4.5183
3.22531	184.8	-22.8026	-10.79	-18.22	3.46966	198.8	-5.8638	-2.2907	-4.4678
3.22881	185.0	-21.8857	-10.33	-17.48	3.47316	199.0	-5.8031	-2.2599	-4.4180
3.23230	185.2	-21.0630	-9.913	-16.81	3.47665	199.2	-5.7434	-2.2297	-4.3697
3.23579	185.4	-20.2779	-9.523	-16.17	3.48014	199.4	-5.6850	-2.2002	-4.3221
3.23928	185.6	-19.5498	-9.254	-15.58	3.48363	199.6	-5.6282	-2.1713	-4.2756
3.24277	185.8	-18.8726	-8.7755	-15.03	3.48712	199.8	-5.5736	-2.1429	-4.2301
3.24626	186.0	-18.2566	-8.5080	-14.52	3.49061	200.0	-5.5182	-2.1151	-4.1852
3.24975	186.2	-17.6637	-8.2147	-14.04	3.49410	200.2	-5.4645	-2.0879	-4.1416
3.25324	186.4	-17.1081	-7.9249	-13.61	3.49759	200.4	-5.4114	-2.0611	-4.0986
3.25673	186.6	-16.6002	-7.6799	-13.18	3.50108	200.6	-5.3609	-2.0350	-4.0565
3.26022	186.8	-16.1081	-7.4360	-12.68	3.50457	200.8	-5.3097	-2.0093	-4.0152
3.26371	187.0	-15.6444	-7.2046	-12.41	3.50806	201.0	-5.2599	-1.9840	-3.9745
3.26720	187.2	-15.2182	-6.9877	-12.06	3.51155	201.2	-5.2118	-1.9593	-3.9350
3.27069	187.4	-14.8040	-6.7829	-11.73	3.51504	201.4	-5.1635	-1.9350	-3.8960
3.27418	187.6	-14.4109	-6.4047	-11.42	3.51853	201.6	-5.1173	-1.9113	-3.8577
3.27767	187.8	-14.0481	-6.4029	-11.12	3.52203	201.8	-5.0705	-1.8878	-3.8202
3.28116	188.0	-13.6940	-6.2270	-10.84	3.52552	202.0	-5.0260	-1.8648	-3.7832
3.28465	188.2	-13.3662	-6.0604	-10.56	3.52901	202.2	-4.9821	-1.8423	-3.7471
3.28815	188.4	-13.0444	-5.9016	-10.30	3.53250	202.4	-4.9378	-1.8201	-3.7115
3.29164	188.6	-12.7465	-5.7500	-10.06	3.53599	202.6	-4.8919	-1.7983	-3.6765
3.29513	188.8	-12.6358	-5.6051	-9.83	3.53948	202.8	-4.8535	-1.7769	-3.6422
3.29862	189.0	-12.1818	-5.4665	-9.60	3.54297	203.0	-4.8127	-1.7558	-3.6084
3.30211	189.2	-11.9138	-5.3346	-9.39	3.54646	203.2	-4.7722	-1.7351	-3.5754
3.30560	189.4	-11.6643	-5.2089	-9.18	3.54995	203.4	-4.7325	-1.7148	-3.5428
3.30909	189.6	-11.4184	-5.0866	-8.98	3.55344	203.6	-4.6923	-1.6949	-3.5108
3.31258	189.8	-11.1806	-4.9700	-8.80	3.55693	203.8	-4.6547	-1.6752	-3.4794
3.31607	190.0	-10.9652	-4.8579	-8.614	3.56042	204.0	-4.6188	-1.6558	-3.4483
3.31956	190.2	-10.7501	-4.7507	-8.442	3.56391	204.2	-4.5796	-1.6368	-3.4180
3.32305	190.4	-10.5469	-4.6476	-8.275	3.56740	204.4	-4.5429	-1.6182	-3.3880
3.32655	190.6	-10.3447	-4.5481	-8.113	3.57089	204.6	-4.5056	-1.5998	-3.3586
3.33004	190.8	-10.1558	-4.4523	-7.959	3.57439	204.8	-4.4712	-1.5816	-3.3296
3.33353	191.0	-9.9733	-4.3598	-7.808	3.57788	205.0	-4.4371	-1.5638	-3.3010
3.33702	191.2	-9.7974	-4.2710	-7.666	3.58137	205.2	-4.4023	-1.5462	-3.2731
3.34051	191.4	-9.6231	-4.1853	-7.526	3.58486	205.4	-4.3693	-1.5289	-3.2455
3.34400	191.6	-9.4587	-4.1024	-7.3591	3.58835	205.6	-4.3358	-1.5119	-3.2183
3.34749	191.8	-9.3001	-4.0223	-7.3616	3.59184	205.8	-4.3035	-1.4952	-3.1916
3.35098	192.0	-9.1467	-3.9447	-7.1371	3.59533	206.0	-4.2708	-1.4787	-3.1652
3.35447	192.2	-8.9982	-3.8690	-7.0171	3.59882	206.2	-4.2396	-1.4625	-3.1393
3.35796	192.4	-8.8545	-3.7975	-6.8996	3.60231	206.4	-4.2087	-1.4465	-3.1138
3.36145	192.6	-8.7152	-3.7273	-6.7861	3.60580	206.6	-4.1607	-1.4308	-3.0886
3.36494	192.8	-8.5763	-3.6592	-6.6702	3.60929	206.8	-4.1475	-1.4152	-3.0639
3.36843	193.0	-8.4454	-3.5933	-6.5691	3.61278	207.0	-4.1178	-1.3999	-3.0394
3.37192	193.2	-8.3221	-3.5295	-6.4667	3.61627	207.2	-4.0886	-1.3848	-3.0155
3.37542	193.4	-8.1953	-3.4675	-6.3661	3.61976	207.4	-4.0599	-1.3699	-2.9917
3.37891	193.6	-8.0786	-3.4073	-6.2693	3.62326	207.6	-4.0314	-1.3553	-2.9683
3.38240	193.8	-7.9624	-3.3489	-6.1747	3.62675	207.8	-4.0033	-1.3392	-2.9454
3.38589	194.0	-7.8484	-3.2920	-6.0823	3.63024	208.0	-3.9756	-1.3265	-2.9226

α	α^0	nakom(α)	napum(α)	naob(α)	α	α^0	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
w radja- nach	w stop- niach				w radja- nach	w stop- niach			
3.63373	208.2	— 3.9484	— 1.3125	— 2.9003	4.22366	242	— 1.9452	— 0.2095	— 1.2028
3.63722	208.4	— 3.9221	— 1.2988	— 2.8783	4.25856	244	— 1.8984	— 0.1782	— 1.1590
3.64071	208.6	— 3.8955	— 1.2850	— 2.8565	4.29347	246	— 1.8551	— 0.1483	— 1.1180
3.64420	208.8	— 3.8692	— 1.2716	— 2.8351	4.32838	248	— 1.8152	— 0.1199	— 1.0793
3.64769	209.0	— 3.8440	— 1.2582	— 2.8139	4.36328	250	— 1.7786	— 0.0927	— 1.0429
3.65118	209.2	— 3.8182	— 1.2451	— 2.7932	4.39819	252	— 1.7445	— 0.0665	— 1.0086
3.65467	209.4	— 3.7936	— 1.2323	— 2.7725	4.43310	254	— 1.7133	— 0.0414	— 0.9762
3.65816	209.6	— 3.7693	— 1.2195	— 2.7523	4.46800	256	— 1.6845	— 0.0171	— 0.9455
3.66165	209.8	— 3.7446	— 1.2068	— 2.7323	4.50291	258	— 1.6581	0.0063	— 0.9164
3.66514	210.0	— 3.7207	— 1.1945	— 2.7126	4.53782	260	— 1.6340	0.0292	— 0.8889
3.66863	210.2	— 3.6974	— 1.1821	— 2.6952	4.57273	262	— 1.6119	0.0513	— 0.8627
3.67213	210.4	— 3.6741	— 1.1701	— 2.6739	4.60763	264	— 1.5919	0.0729	— 0.8377
3.67562	210.6	— 3.6511	— 1.1580	— 2.6549	4.64254	266	— 1.5739	0.0940	— 0.8140
3.67911	210.8	— 3.6284	— 1.1462	— 2.6362	4.67745	268	— 1.5577	0.1147	— 0.7913
3.68260	211.0	— 3.6062	— 1.1346	— 2.6177	4.71235	270	— 1.5434	0.1351	— 0.7697
3.68609	211.2	— 3.5840	— 1.1231	— 2.5995	4.74726	272	— 1.5309	0.1552	— 0.7491
3.68958	211.4	— 3.5620	— 1.1117	— 2.5815	4.78217	274	— 1.5200	0.1750	— 0.7294
3.69307	211.6	— 3.5405	— 1.1005	— 2.5637	4.81707	276	— 1.5110	0.1947	— 0.7105
3.69656	211.8	— 3.5190	— 1.0894	— 2.5462	4.85198	278	— 1.5036	0.2143	— 0.6924
3.70005	212.0	— 3.4984	— 1.0784	— 2.5288	4.88689	280	— 1.4979	0.2338	— 0.6750
3.70354	212.2	— 3.4775	— 1.0767	— 2.5118	4.92180	282	— 1.4940	0.2534	— 0.6584
3.70703	212.4	— 3.4576	— 1.0569	— 2.4931	4.95670	284	— 1.4918	0.2730	— 0.6424
3.71052	212.6	— 3.4370	— 1.0464	— 2.4782	4.99161	286	— 1.4912	0.2867	— 0.6270
3.71401	212.8	— 3.4170	— 1.0359	— 2.4617	5.02652	288	— 1.4924	0.3126	— 0.6122
3.71750	213.0	— 3.3978	— 1.0256	— 2.4454	5.06142	290	— 1.4957	0.3320	— 0.5980
3.72099	213.2	— 3.3782	— 1.0154	— 2.4294	5.09633	292	— 1.5007	0.3733	— 0.5843
3.72449	213.4	— 3.3588	— 1.0053	— 2.4134	5.13124	294	— 1.5078	0.3742	— 0.5711
3.72798	213.6	— 3.3399	— 0.9954	— 2.3977	5.16614	296	— 1.5170	0.3956	— 0.5584
3.73148	213.8	— 3.3214	— 0.9855	— 2.3822	5.20105	298	— 1.5283	0.4176	— 0.5461
3.73496	214.0	— 3.3029	— 0.9758	— 2.3669	5.23596	300	— 1.5421	0.4403	— 0.5343
3.73845	214.2	— 3.2845	— 0.9662	— 2.3517	5.27087	302	— 1.5581	0.4636	— 0.5228
3.74194	214.4	— 3.2664	— 0.9567	— 2.3368	5.30577	304	— 1.5773	0.4879	— 0.5117
3.74543	214.6	— 3.2491	— 0.9472	— 2.3220	5.34068	306	— 1.5990	0.5132	— 0.5010
3.74892	214.8	— 3.2311	— 0.9379	— 2.3074	5.37559	308	— 1.6240	0.5398	— 0.4906
3.75241	215.0	— 3.2139	— 0.9293	— 2.2929	5.41049	310	— 1.6527	0.5677	— 0.4806
3.75590	215.2	— 3.1969	— 0.9196	— 2.2787	5.44540	312	— 1.6850	0.5972	— 0.4708
3.75939	215.4	— 3.1796	— 0.9106	— 2.2645	5.48031	314	— 1.7218	0.6285	— 0.4615
3.76288	215.6	— 3.1630	— 0.9017	— 2.2505	5.51521	316	— 1.7633	0.6673	— 0.4523
3.76637	215.8	— 3.1462	— 0.8929	— 2.2367	5.55012	318	— 1.8105	0.6977	— 0.4435
3.76986	216.0	— 3.1300	— 0.8842	— 2.2230	5.58503	320.0	— 1.8637	0.7364	— 0.4349
3.77336	216.2	— 3.1138	— 0.8756	— 2.2096	5.58852	320.2	— 1.8693	0.7403	
3.77685	216.4	— 3.0978	— 0.8671	— 2.1962	5.59201	320.4	— 1.8751	0.7444	
3.78034	216.6	— 3.0820	— 0.8587	— 2.1830	5.59550	320.6	— 1.8810	0.7485	
3.78383	216.8	— 3.0662	— 0.8502	— 2.1699	5.59899	320.8	— 1.8870	0.7526	
3.78732	217.0	— 3.0508	— 0.8423	— 2.1570	5.60249	321.0	— 1.8930	0.7568	— 0.4306
3.79081	217.2	— 3.0355	— 0.8338	— 2.1442	5.60598	321.2	— 1.8989	0.7610	
3.79430	217.4	— 3.0203	— 0.8257	— 2.1316	5.60947	321.4	— 1.9050	0.7653	
3.79779	217.6	— 3.0055	— 0.8177	— 2.1190	5.61296	321.6	— 1.9112	0.7696	
3.80128	217.8	— 2.9906	— 0.8098	— 2.1067	5.61645	321.8	— 1.9176	0.7738	
3.80477	218.0	— 2.9758	— 0.8020	— 2.0944	5.61994	322.0	— 1.9239	0.7782	— 0.4265
3.80826	218.2	— 2.9616	— 0.7942	— 2.0832	5.62343	322.2	— 1.9305	0.7826	
3.81175	218.4	— 2.9470	— 0.7865	— 2.0703	5.62692	322.4	— 1.9372	0.7870	
3.81524	218.6	— 2.9329	— 0.7789	— 2.0585	5.63041	322.6	— 1.9437	0.7915	
3.81873	218.8	— 2.9190	— 0.7713	— 2.0468	5.63390	322.8	— 1.9504	0.7960	
3.82223	219.0	— 2.9052	— 0.7639	— 2.0351	5.63740	323.0	— 1.9573	0.8006	— 0.4224
3.82572	219.2	— 2.8916	— 0.7565	— 2.0236	5.64089	323.2	— 1.9642	0.8052	
3.82921	219.4	— 2.8779	— 0.7491	— 2.0122	5.64438	323.4	— 1.9713	0.8098	
3.83270	219.6	— 2.8645	— 0.7419	— 2.0010	5.64787	323.6	— 1.9783	0.8145	
3.83619	219.8	— 2.8513	— 0.7347	— 1.9898	5.65136	323.8	— 1.9854	0.8192	
3.83968	220.0	— 2.8379	— 0.7277	— 1.9788	5.65485	324.0	— 1.9926	0.8240	— 0.4184
3.87459	222.0	— 2.7140	— 0.6601	— 1.8742	5.65834	324.2	— 2.0000	0.8288	
3.90949	224.0	— 2.6018	— 0.5983	— 1.7793	5.66183	324.4	— 2.0076	0.8337	
3.94440	226.0	— 2.5003	— 0.5417	— 1.6926	5.66532	324.6	— 2.0151	0.8386	
3.97931	228.0	— 2.4080	— 0.4894	— 1.6133	5.66881	324.8	— 2.0229	0.8435	
4.01421	230.0	— 2.3237	— 0.4759	— 1.5404	5.67231	325.0	— 2.0307	0.8485	— 0.4144
4.04912	232.0	— 2.2464	— 0.3959	— 1.4731	5.67580	325.2	— 2.0385	0.8536	
4.08402	234.0	— 2.1758	— 0.3538	— 1.4109	5.67929	325.4	— 2.0466	0.8587	
4.11893	236.0	— 2.1109	— 0.3144	— 1.3532	5.68278	325.6	— 2.0545	0.8639	
4.15384	238.0	— 2.0508	— 0.2775	— 1.2996	5.68627	325.8	— 2.0623	0.8691	
4.18875	240.0	— 1.9959	— 0.2426	— 1.2496	5.68976	326.0	— 2.0711	0.8744	— 0.4105

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
5.69325	326.2	— 2.0795	0.8796	
5.69674	326.4	— 2.0879	0.8850	
5.70023	326.6	— 2.0966	0.8905	
5.70372	326.8	— 2.1054	0.8960	
5.70722	327.0	— 2.1145	0.9015	— 0.4066
5.71071	327.2	— 2.1234	0.9071	
5.71420	327.4	— 2.1326	0.9128	
5.71769	327.6	— 2.1420	0.9185	
5.72118	327.8	— 2.1512	0.9243	
5.72467	328.0	— 2.1609	0.9302	— 0.4029
5.72816	328.2	— 2.1704	0.9361	
5.73165	328.4	— 2.1803	0.9421	
5.73514	328.6	— 2.1904	0.9482	
5.73863	328.8	— 2.2006	0.9543	
5.74213	329.0	— 2.2109	0.9605	— 0.3991
5.74562	329.2	— 2.2212	0.9667	
5.74911	329.4	— 2.2317	0.9730	
5.75260	329.6	— 2.2425	0.9795	
5.75609	329.8	— 2.2533	0.9860	
5.75958	330.0	— 2.2643	0.9926	— 0.3954
5.76307	330.2	— 2.2753	0.9992	
5.76656	330.4	— 2.2870	1.0060	
5.77005	330.6	— 2.2984	1.0128	
5.77354	330.8	— 2.3099	1.0197	
5.77704	331.0	— 2.3220	1.0266	— 0.3917
5.78053	331.2	— 2.3339	1.0338	
5.78402	331.4	— 2.3464	1.0410	
5.78751	331.6	— 2.3589	1.0482	
5.79100	331.8	— 2.3713	1.0556	
5.79449	332.0	— 2.3842	1.0631	— 2.3881
5.79798	332.2	— 2.3973	1.0706	
5.80147	332.4	— 2.4106	1.0783	
5.80496	332.6	— 2.4240	1.0860	
5.80845	332.8	— 2.4377	1.0939	
5.81195	333.0	— 2.4514	1.1018	— 0.3846
5.81544	333.2	— 2.4656	1.1100	
5.81893	333.4	— 2.4798	1.1182	
5.82242	333.6	— 2.4946	1.1264	
5.82591	333.8	— 2.5093	1.1348	
5.82940	334.0	— 2.5242	1.1434	— 0.3811
5.83289	334.2	— 2.5399	1.1521	
5.83638	334.4	— 2.5551	1.1608	
5.83987	334.6	— 2.5712	1.1698	
5.84336	334.8	— 2.5871	1.1788	
5.84686	335.0	— 2.6037	1.1881	— 0.3776
5.85035	335.2	— 2.6199	1.1973	
5.85384	335.4	— 2.6370	1.2068	
5.85733	335.6	— 2.6544	1.2165	
5.86082	335.8	— 2.6721	1.2263	
5.86431	336.0	— 2.6901	1.2362	— 0.3742
5.86780	336.2	— 2.7083	1.2463	
5.87129	336.4	— 2.7263	1.2566	
5.87478	336.6	— 2.7457	1.2669	
5.87827	336.8	— 2.7648	1.2775	
5.88177	337.0	— 2.7843	1.2883	— 0.3709
5.88526	337.2	— 2.8040	1.2992	
5.88875	337.4	— 2.8229	1.3104	
5.89224	337.6	— 2.8447	1.3217	
5.89573	337.8	— 2.8662	1.3331	
5.89922	338.0	— 2.8874	1.3449	— 0.3676
5.90271	338.2	— 2.9090	1.3568	
5.90620	338.4	— 2.9318	1.3689	
5.90969	338.6	— 2.9541	1.3812	
5.91318	338.8	— 2.9776	1.3938	
5.91668	339.0	— 3.0008	1.4066	— 0.3643
5.92017	339.2	— 3.0252	1.4196	
5.92366	339.4	— 3.0500	1.4328	
5.92715	339.6	— 3.0745	1.4463	
5.93064	339.8	— 3.1003	1.4601	
5.93413	340.0	— 3.1267	1.4741	— 0.3610

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
5.93762	340.2	— 3.1535	1.4884	
5.94111	340.4	— 3.1799	1.5030	
5.94460	340.6	— 3.2078	1.5179	
5.94809	340.8	— 3.2365	1.5331	
5.95159	341.0	— 3.2656	1.5486	— 0.3578
5.95508	341.2	— 3.2952	1.5644	
5.95857	341.4	— 3.3255	1.5805	
5.96206	341.6	— 3.3574	1.5970	
5.96555	341.8	— 3.3880	1.6138	
5.96904	342.0	— 3.4213	1.6310	— 0.3547
5.97253	342.2	— 3.4543	1.6486	
5.97602	342.4	— 3.4880	1.6665	
5.97951	342.6	— 3.5236	1.6848	
5.98300	342.8	— 3.5590	1.7036	
5.98650	343.0	— 3.5950	1.7228	— 0.3516
5.98999	343.2	— 3.6330	1.7424	
5.99348	343.4	— 3.6708	1.7625	
5.99697	343.6	— 3.7110	1.7832	
5.00046	343.8	— 3.7505	1.8024	
6.00395	344.0	— 3.7920	1.8258	— 0.3485
6.00744	344.2	— 3.8341	1.8480	
6.01093	344.4	— 3.8782	1.8706	
6.01442	344.6	— 3.9218	1.8938	
6.01791	344.8	— 3.9682	1.9177	
6.02141	345.0	— 4.0157	1.9421	— 0.3454
6.02490	345.2	— 4.0643	1.9672	
6.02839	345.4	— 4.1131	1.9931	
6.03188	345.6	— 4.1644	2.0195	
6.03537	345.8	— 4.2172	2.0467	
6.03886	346.0	— 4.2717	2.0747	— 0.3424
6.04235	346.2	— 4.3276	2.1035	
6.04584	346.4	— 4.3853	2.1332	
6.04933	346.6	— 4.4427	2.1636	
6.05282	346.8	— 4.5057	2.1950	
6.05632	347.0	— 4.5664	2.2273	— 0.3395
6.05981	347.2	— 4.6314	2.2607	
6.06330	347.4	— 4.7002	2.2951	
6.06679	347.6	— 4.7694	2.3306	
6.07028	347.8	— 4.8404	2.3672	
6.07377	348.0	— 4.9141	2.4050	— 0.3366
6.07726	348.2	— 4.9870	2.4441	
6.08075	348.4	— 5.0689	2.4847	
6.08424	348.6	— 5.1500	2.5264	
6.08773	348.8	— 5.2369	2.5697	
6.09123	349.0	— 5.3240	2.6145	— 0.3334
6.09472	349.2	— 5.4146	2.6611	
6.09821	349.4	— 5.5085	2.7095	
6.10170	349.6	— 5.6087	2.7595	
6.10519	349.8	— 5.7100	2.8115	
6.10868	350.0	— 5.8170	2.8656	— 0.3308
6.11217	350.2	— 5.9279	2.9219	
6.11566	350.4	— 6.0421	2.9806	
6.11915	350.6	— 6.1646	3.0418	
6.12264	350.8	— 6.2883	3.1053	
6.12614	351.0	— 6.4219	3.1717	— 0.3280
6.12963	351.2	— 6.6551	3.2415	
6.13312	351.4	— 6.7034	3.3144	
6.13661	351.6	— 6.8513	3.3905	
6.14010	351.8	— 7.0116	3.4703	
6.14359	352.0	— 7.1749	3.5540	— 0.3252
6.14708	352.2	— 7.3513	3.6422	
6.15057	352.4	— 7.5319	3.7352	
6.15406	352.6	— 7.7279	3.8330	
6.15755	352.8	— 7.9347	3.9360	
6.16105	353.0	— 8.1465	4.0445	— 0.3224
6.16454	353.2	— 8.3779	4.1606	
6.16803	353.4	— 8.6235	4.2830	
6.17152	353.6	— 8.8766	4.4082	
6.17501	353.8	— 9.1541	4.5512	
6.17850	354.0	— 9.4501	4.6983	— 0.3197

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
6.18199	354.2	— 9.7570	4.8314	
6.18548	354.4	— 10.0950	5.026	
6.18897	354.6	— 10.4587	5.207	
6.19246	354.8	— 10.8505	5.402	
6.19596	355.0	— 11.2611	5.61	— 0.3170
6.19945	355.2	— 11.7188	5.84	
6.20294	355.4	— 12.2165	6.09	
6.20643	355.6	— 12.7596	6.36	
6.20992	355.8	— 13.3547	6.66	
6.21341	356.0	— 13.9907	6.98	— 0.3143
6.21690	356.2	— 14.7119	7.34	
6.22039	356.4	— 15.5144	7.75	
6.22388	356.6	— 16.4116	8.09	
6.22737	356.8	— 17.4214	8.70	
6.23087	357.0	— 18.5664	9.26	— 0.3117

α w radja- nach	α^0 w stop- niach	nakom(α)	napum(α)	naob(α)
6.23436	357.2	— 19.8757	9.92	
6.23785	357.4	— 21.3405	10.67	
6.24134	357.6	— 23.0972	11.55	
6.24483	357.8	— 25.1883	12.58	
6.24832	358.0	— 27.6682	13.83	— 0.3091
6.24181	358.2	— 30.7172	15.35	
6.25530	358.4	— 34.5319	17.25	
6.25879	358.6	— 39.4409	19.69	
6.26228	358.8	— 45.9942	22.95	
6.26578	359.0	— 54.8694	27.51	— 0.3066
6.26927	359.2	— 69.0015	34.35	
6.27276	359.4	— 81.6793	45.74	
6.27625	359.6	— 136.7308	68.5	
6.27974	359.8	— 273.1350	136.9	
6.28318	360.0	—	—	— 0.3040

Wyrażenia ujęte w klamry są bezwymiarowe, i trojakiemu rodzaju. Każde z nich ma proste znaczenie geometryczne, które łatwo odczytać z równania (7b), a mianowicie:

1). Wyobraźmy sobie, że na przęsło działa tylko siła podłużna N i moment podporowy M_A . Wtedy:

$$\vartheta_A = M_A \cdot \mu' = \frac{1}{3} \cdot \frac{M_A l}{EJ} \cdot \left[\frac{3}{\alpha^2} (1 - \alpha \cdot \cotg \alpha) \right]$$

$$\vartheta_B = M_A \cdot \mu'' = \frac{1}{6} \cdot \frac{M_A l}{EJ} \cdot \left[\frac{6}{\alpha} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\alpha} \right) \right].$$

Wiadomo, że gdyby nie było siły podłużnej N , to obadwa kąty miałyby wartości:

$$\vartheta_A = \frac{M_A l}{3EJ} \quad \vartheta_B = \frac{M_A l}{6EJ}.$$

Istotnie, łatwo sprawdzić, że wyrażenia w klamrach zdążają do 1, gdy α zdąża do 0. Pierwsze wyrażenie jest funkcją α , mierzącą nachylenie stycznej do linii ugięcia w punkcie działania momentu podporowego. Oznaczmy ją przeto dla wygody symbolem:

$$\text{napum}(\alpha) \equiv \frac{3}{\alpha^2} (1 - \alpha \cdot \cotg \alpha) \quad \dots (12a)$$

Podobnie drugie wyrażenie mierzy nachylenie stycznej do linii ugięcia na przeciwległym końcu przęsła, od końca obciążonego momentem podporowym. Oznaczać je będziemy symbolem:

$$\text{nakom}(\alpha) \equiv \frac{6}{\alpha} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - \frac{1}{\alpha} \right) \quad \dots (12b)$$

2). Niechaj teraz będzie $M_A = M_B = 0$, to:

$$\vartheta_A = \vartheta_B = -q l^3 \cdot \mu''' = -\frac{q l^3}{24EJ} \left[\frac{24}{\alpha^3} \left(\tg \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} \right) \right],$$

to wyrażenie w klamrze mierzy nachylenie stycznej w obu końcach przęsła wywołane samem obciążeniem (przy jednoczesnym ściskaniu podłużnym).

Stąd symbol:

$$\text{naob}(\alpha) \equiv \frac{24}{\alpha^3} \left(\tg \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha}{2} \right) \quad \dots (12c)$$

Łatwo się przekonać, że $\lim_{\alpha \rightarrow 0} \text{naob}(\alpha) = 1$, jak być powinno, gdyż bez siły podłużnej jest:

$$\vartheta_A = \vartheta_B = -\frac{q l^3}{24EJ}.$$

W przypadku stałej sztywności zginania na całej długości belki wieloprzęsłowej i równych sił podłużnych w każdym przęśle, przybierze równanie trzech momentów postać:

$$\begin{aligned} M_{n-1} l_n \text{nakom}(\alpha) + 2 M_n (l_n + l_{n+1}) \text{napum}(\alpha) + \\ + M_{n+1} l_{n+1} \text{nakom}(\alpha) = \left(\frac{1}{4} q_n \cdot l_n^3 + \right. \\ \left. + \frac{1}{4} q_{n+1} l_{n+1}^3 \right) \text{naob}(\alpha) + 6 EJ \cdot \Delta \beta_n \quad \dots (13) \end{aligned}$$

Podobnie napiszemy wzory (7b) dla kątów podporowych jednego przęsła wydzielonego w postaci:

$$\left. \begin{aligned} \vartheta_A = \frac{M_A l}{3EJ} \text{napum}(\alpha) + \frac{M_B l}{6EJ} \text{nakom}(\alpha) - \\ - \frac{q l^3}{24EJ} \text{naob}(\alpha), \\ \vartheta_B = \frac{M_A l}{6EJ} \text{nakom}(\alpha) + \frac{M_B l}{3EJ} \text{napum}(\alpha) - \\ - \frac{q l^3}{24EJ} \text{naob}(\alpha). \end{aligned} \right\} \dots (14)$$

Do praktycznego zastosowania tych wzorów niezbędne są tablice trzech funkcji argumentu α , jakie występują we wzorach. Takich tablic używają już od dość dawna w Niemczech (J. Müller-Breslau, G. Madelung). Przy sporządzeniu powyżej podanej korzystałem z nich częściowo dla sprawdzenia. Znaczną część pracy rachunkowej wykonał p. inż. W. Piotrowski, asystent Politechniki Warszawskiej, za co mu składam podziękowanie.

Posługując się tą tablicą, można wykonać bardzo dokładne obliczenie wytrzymałościowe podłużnic w skrzydłach dwupłatów, z tym samym prawie nakładem pracy, co przy zastosowaniu w pierwszym przybliżeniu zwykłego równania trzech momentów.

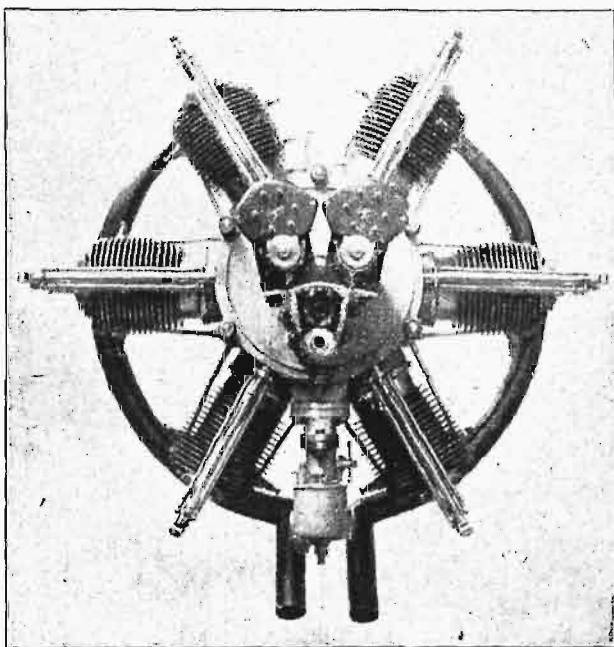
Nowoczesne francuskie silniki lotnicze^{*)}.

Napisał Inż. K. Księski.

B. Silniki chłodzone powietrzem.

Silniki Anzani.

Fabryka Anzani jest jedyną we Francji, wytwarzającą dotychczas cylindry swych silników chłodzonych powietrzem z żeliwa. Dzięki prostocie form cylindrów żeliwnych, ciężar ich w silnikach o małej mocy, gdzie o wymiarach decydują raczej względy sztywności niż wytrzymałości, nie przewyższa znacznie ciężaru cylindrów stalowych z głowicami aluminiowymi. Jednakowoż pod względem wykonania, sprawności termicznej i pewności ruchu, silniki Anzani nie mogą się mierzyć z nowoczesnymi silnikami lotniczymi.



Rys. 8. Silnik Anzani 6A3 75 KM.

Ze względu na małą wytrzymałość na rozciąganie żeliwa, cylindry silników Anzani przymocowane są do karтеру zapomocą cięgieł stalowych, po dwa na cylinder, które chwytają cylindry na wysokości denka i dociskają je do karтеру (rys. 8). Karter aluminiowy, dzielony w płaszczyźnie gwiazdy cylindrów, zawiera w tylnej części mechanizmy rozładkowe i kanały rozdzielcze dla mieszanki benzynowej.

Anzani wykonywa silniki 3, 6 i 10-cylindrowe. W dwu ostatnich typach cylindry ułożone są w dwu gwiazdach naprzemianległych, a wał korbowy jest podwójnie wykorbiony. Tłoki aluminiowe z żeberkami na denku w postaci pierścieni okrężnych, współśrodkowych, głowy korbowodów ukształtowane są jako odcinki pierścienia i ujęte obręczkami.

Zawory w nowych wykonaniach mają napęd przymusowy zapomocą drążków pośredniczących i sterników dźwigniowych, ułożonych jeden nad drugim.

Zapalanie odbywa się zapomocą magnetów „Anzani”, jest ono pojedyncze dla silników o mocy do 50 KM, podwójne — dla mocy wyższych Pompki oliwne — zębate.

Anzani wykonywa silniki o małej mocy, od 25 — 200 KM, używane niekiedy dla niskiej ich ceny w awionetkach i samolotach sportowych.

Silniki Salmson.

Fabryka Salmson wytwarza silniki gwiazdowe chłodzone powietrzem o mocy od 12 do 500 KM. Jest to zarazem jedyna fabryka francuska, która w paru typach swych silników gwiazdowych zastosowała chłodzenie wodą. Z tych ostatnich wykonywa jeszcze dwa typy 9 Cm o 9 cylindrach w gwiazdzie i 18 Cm o 18 cylindrach rozłożonych w dwu gwiazdach nakrywających się.

W silniku 9 Cm, każdy cylinder otoczony jest koszulką stalową oddzielnie, w silniku zaś 18 Cm cylindry sąsiadujące obu gwiazd złączone są po dwa w blok i otoczone wspólną koszulką. W konstrukcji pozostałych organów silniki zbliżają się zupełnie do silników tejże fabryki, chłodzonych powietrzem.

Cylindry silników Salmson o chłodzeniu powietrzem wytoczone są ze stali z żeberkami rzadko rozmieszczonymi. Kanały dla gazów wykonane są z blachy stalowej, wkręczone w dno cylindra i pokryte łącznie z górną połową cylindra warstwą stopu glinowego, nadlaną wprost na ścianie stalowej cylindra (rys. 9). Warstwa glinowa, mająca na celu ułatwienie promieniowania ciepła, ukształtowana jest jako szereg wysokich żeberk. Cylindry wpuszczone są w karter i przytwierdzone zapomocą kołnierzy i śrub szpilkowych.

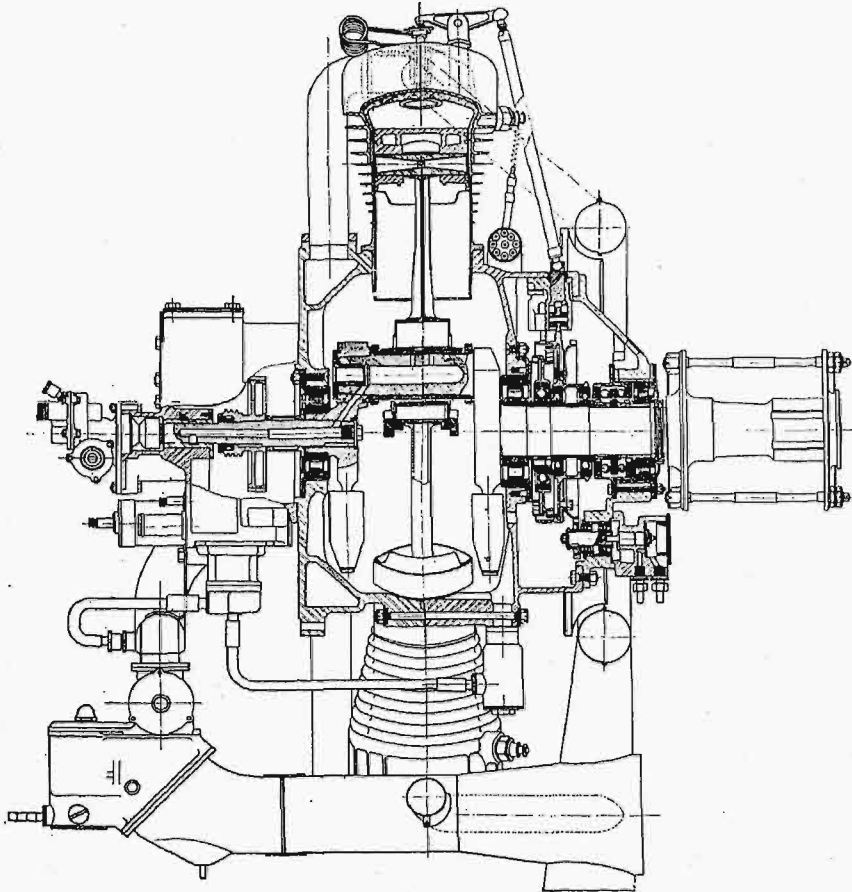
Tłoki aluminiowe, silnie żeberkowane, mają po stronie pracującej ściankę boczną nieco przedłużoną. Korbówód główny o przekroju dwuteowym, z łbem niedzielonym, prowadzi osie korbówodów doczepionych o przekrojach rurowych. Panewka korbowodu głównego jest bardzo długa, tak że oliwa uchodząca z niej tryska poza krawędzie cylindrów.

Wał korbowy, stale pojedynczo wykorbiony, dzieli się przy ramieniu korby przeciwległym od śmigła. Czop korbowy wpuszczony jest w ramię korby na stożek, zaklinowany i zabezpieczony przeciwnakrętką. Wał spoczywa w trzech łożyskach rolkowych, a ponadto koniec jego przeciwległy śmigłu uchwycony jest panewką brązową, wylaną białym metalem, która umożliwia doprowadzenie oliwy do smarowania czopa korbowego.

Karter dzieli się w gwiazdzie cylindrów. Zawory, po dwa na cylinder, o osiach zbiegających się, dociskane są sprężynami poziomymi z drutu podwójnego i napędzane za pośrednictwem ster-

^{*)} Ciąg dalszy do str. 15 w zesz. 1 z r. b.

ników dźwigniowych i drażków przez tarcze krzywkowe. Mechanizmy sterujące mieszczą się na przedniej stronie silnika. Krążenie oliwy zapewniają pompki oliwne zębate.



Rys. 9. Przekrój silnika Salmson 9Ab o mocy 230 KM.

Wydrążone osie sterników dźwigniowych, wykonane jako komory oliwne, wypełnia się oliwą co kilkanaście godzin pracy silnika, by zapewnić smarowanie sterników.

Salmson używa karburatorów Zenith oraz magnetów własnego wyrobu o przodowaniu stałym.

W silnikach o dwu gwiazdach cylindrów gwiazdy stale nakrywają się. W najnowszym modelu silnika 18-cylindrowego umieszczono osie sterników dźwigniowych na podstawkach, przyczepionych w połowie wysokości cylindrów, celem uniezależnienia luzu w napędzie zaworów od wydłużania się termicznego cylindrów.

Silniki Gnome - Rhone.

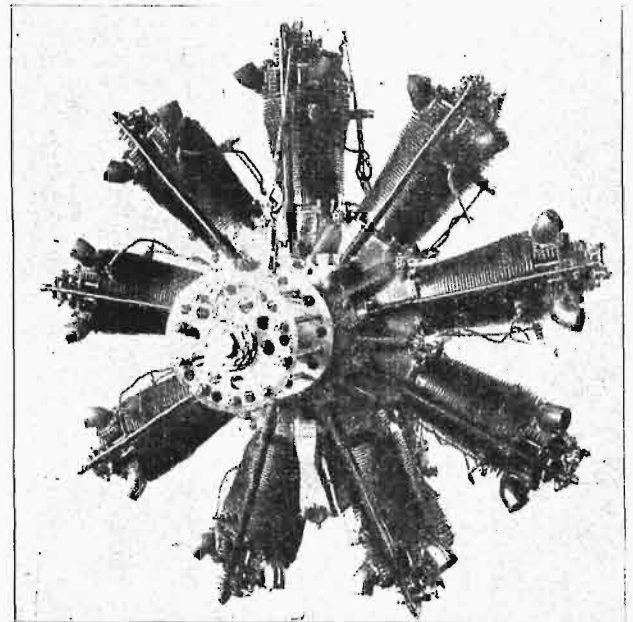
Gnome - Rhone wykonywa obecnie dwa silniki stałe „Jupiter” i „Titan” z licencji fabryki angielskiej Bristol. Pod względem obciążenia termicznego i mocy wydobywanej z jednego cylindra, stoją te silniki na czele silników francuskich chłodzonych powietrzem, z obcych zaś konstrukcyj przewyższają je jedynie oryginalne angielskie silniki Bristol oraz niektóre amerykańskie. Tak np., silnik seryjny Gnome - Rhone - Jupiter VI 9Ag przepiężony osiąga 60 KM mocy efektywnej w cylindrze i rozwija przy 9 cylindrach tę samą

moc, co np. silnik Lorraine 14-cylindrowy lub Salmson 18-cylindrowy.

Silne obciążenie termiczne silnika zmusiło konstruktorów do zastosowania całego szeregu urządzeń specjalnych, jak np. dźwigienki wyrównawcze, samonastawne prowadnice zaworów i t.p., celem uniknięcia niepożądanych wpływów rozszerzania się cieplnego mocno nagrzwanych części silnika. Urządzenia te opisaliśmy już częściowo w rozdziałach uprzednich, tu więc ograniczymy się tylko do pobieżnego naszkicowania ogólnych cech silnika.

Cylindry silnika Jupiter, w liczbie 9-ciu, pokryte są gęsto żeberkami, w nowszych serjach wytoczonymi mimośrodkowo (rys. 10).

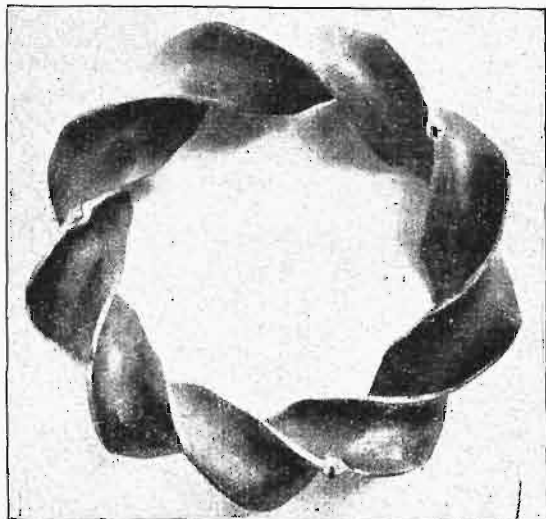
Cylinder stalowy zamknięty jest denkiem, na które nałożona jest głowica aluminiowa, dotarta ręcznie do denka i przytwierdzona 15 śrubami. Głowica zawiera kanały gazowe oraz prowadzenie 4 zaworów, dwu wlotowych i dwu wydechowych. Średnica grzybków zaworów wlotowych jest nieco większa, niż wydechowych. Zawory prowadzone są w tulejkach brązowych, przyczem jedynie tulejki zaworów wydechowych białe są ciasno w głowicę, podczas gdy tulejki zaworów wlotowych



Rys. 10. Silnik Jupiter V Ad o mocy 420 KM.

osadzone są w głowicy luźno i podparte na soczewkowatym kołnierzu, przez co umożliwiające jest swobodne nastawianie się zaworów i szczelne ich przyleganie w gniazdach, mimo dość znacz-

nych odkształceń termicznych głowicy. Luzy w mechanizmach napędzających zawory pozostają stałe, mimo wydłużania się cylindrów, dzięki oparciu osi sterników dźwigniowych na dźwignkach wyrównawczych¹⁾.



Rys. 11. Spirala rozdzielcza silnika Jupiter.

Tłoki aluminiowe o dwu pierścieniach uszczelniających i jednym zgarniaczu posiadają duże wykroje boczne, tak że tylko części pracujące ścian tłoka pozostają pełnej długości. Sworzeń tłokowy obracać się może zarówno w stopie korbowodu, jak i w gniazdach tłoka. Korbowód główny w nowych serjach z łbem niezdelonym prowadzi 8 korbowodów doczepionych, wszystkie o przekrojach dwuteowych. Tuleja z twardej stali wbita i utwierdzona w łbie korbowodu głównego służy jako oparcie dla panewki z brązu fosforowego, wylanej białym metalem.

Panewka ta może się swobodnie obracać w głowie korbowodu.

Wał korbowy o szerokich wydrążeniach podzielony jest w czopie korbowym przy ramieniu przeciwnym śmigłu, złączony na czop walcowy i zatrzymany specjalnym klinem pochyłym i śrubą zaciskową. Ramiona korb przedłużone są dla przyczepienia przeciwcieżarów, a precyzyjne wyważenie mechanizmu korbowego uzyskuje się przy pomocy sworzni z duraluminu o dobranej długości, wkręconego w ramię korby obok przeciwwagi.

Wał korbowy spoczywa na trzech łożyskach środkowych i końcowym ślizgowym, umożliwiając doprowadzenie oliwy do wnętrza wału.

Karter z odlewu aluminiowego lub duraluminu prasowanego, dzielony w gwieździe cylindrów i złączony 9 śrubami, mieści w tylnej części kanał okrężny, rozprowadzający mieszankę wybuchową.

W kanał ten wbudowana jest aluminiowa spirala trójzwojowa, której zadaniem jest rozdzielanie mieszanki równomiernie między cylindry (rys. 11). Każdy zwój spirali czerpie mieszankę z jednej gardzieli karburatora i rozprowadza ją do trzech przeciwnych sobie cylindrów. Przegrody

z blachy stalowej, umieszczone w zwojach spirali, zapewniają prawidłowy kierunek strumienia mieszanki. Karburator potrójny „Triplex” ogrzewany jest gazami odlotowymi i ciepłą oliwą.

W przedniej części karteru mieszczą się tarce krzywkowe sterujące zawory, napędzane przekładnią epicykloidalną.

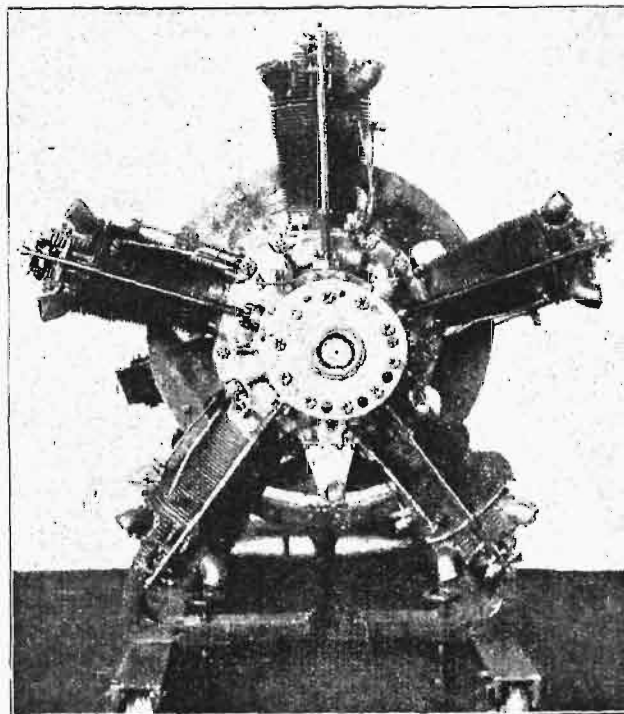
Smarowanie zapewnia potrójna oliwna pompa zębata. Oliwa spływająca z karteru uchodzi do oddzielnego zbiornika, przyczepionego do spodu karteru. Zbiornik ten mieści w sobie filtr, a dzięki odpowiednio ułożonym ściankom uniemożliwia powrót oliwy do karteru w razie przewrócenia się silnika. Wydrążone osie sterników dźwigniowych tworzą zbiorniczki smaru, wystarczające na kilkanaście godzin lotu, do smarowania gniazd dźwignek.

Silnik Jupiter wykonywa się również z przekładnią redukcyjną systemu Farmana.

Silnik Jupiter dla lotów na znacznych wysokościach zaopatrzony jest w turbosprężarkę, której wirnik napędzany przekładnią planetową wykonywa około 17750 obr./min.

Obecnie przygotowuje Gnome - Rhone fabrykację nowej serji silnika Jupiter, wedle wzorów angielskich. Cały szereg organów uległ tu zupełnemu przekształceniu. Głowica, prasowana ze specjalnego stopu aluminiowego i frezowana z pełnego bloku, nakręcana jest na gorąco na tuleję cylindra. Zawory, w liczbie czterech, nachylone są do płaszczyzny symetrii cylindra i sterowane dość skomplikowanymi mechanizmami dźwigniowymi.

Silnik Titan (rys. 12) powstał z silnika Jupiter przez zmniejszenie liczby cylindrów do 5.

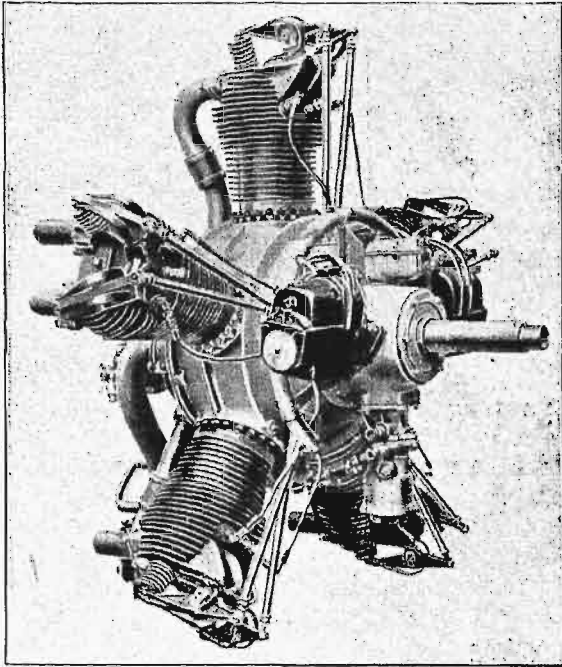


Rys. 12. Silnik Titan o mocy 240 KM (przytwierdzony do kozła montażowego).

Skok tłoka jest nieco krótszy (165 mm w miejsce 190 u Jupitera), tłoki, zawory, głowice i szereg innych organów są identyczne z temiż częściami Jupitera. Spirala rozdzielcza zastąpiona została

¹⁾ Patrz Przegl. Techn. zesz. 16 z r. 1929.

wiatraczkiem mieszankowym, napędzanym przez wał korbowy przekładnią czołową z szybkością 3 razy wyższą od szybkości wału korbowego¹⁾.



Rys. 13. Silnik Lorraine 5Ab o mocy 100 KM.

Silniki Lorraine.

Fabryka Lorraine wytwarza silniki 5 i 7-cylindrowe o gwiazdce pojedynczej i silnik 14-cylindrowy o dwu gwiazdach cylindrów (rys. 13).

Silniki 7 i 14-cylindrowe (typ. 7Ma i 14Ac) posiadają cylindry, tłoki, zawory i szereg innych części zamiennych.

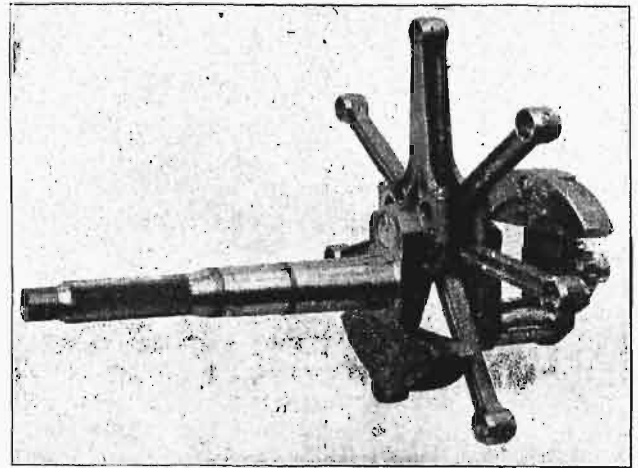
Cylindry silników Lorraine wykonane są ze stali, z głowicą aluminiową, nakręcaną na gorąco na cylinder. W głowicy mieszczą się dwa zawory o osiach nachylonych do osi cylindra. Cylindry silników 7Ma i 14Ac przytwierdzone są do karteru zapomocą śrub szpilkowych, cylindry silnika 5Ab przytrzymuje nakręcony przeciwkołnierz i pierścień stożkowy dociskający. Karter niedzielony posiada w tylnej ścianie szerokie wytoczenie, by przepuścić wał korbowy wraz z przeciwcieżarami. Wał korbowy, również niedzielony, pojedynczo wykorbiony w silnikach 5 i 7-cylindrowych, podwójnie w silniku 14-cylindrowym (rys. 14), prowadzony jest w dwu łożyskach rolkowych i łożysku kulkowym, specjalnym, szyjowo - oporowym. W tylnej części wału łożysko ślizgowe zapewnia doprowadzenie oliwy do smarowania czoła korbowego.

Tłoki, prasowane z duraluminu i frezowane z pełnego bloku, nie posiadają zupełnie żeberka. Sworzeń tłoka jest osadzony luźno w gniazdach tłoka i panewkach korbowodów. Korbowód główny — o przekroju dwuteowym z łbem dwudzielnym, korbowody doczepione — o przekroju rurkowym. Panewki w stopie korbowodu głównego oraz w stopach i łbach korbowodów doczepionych są z brzozy fosforowej, luźne.

Zawory sterowane są zapomocą sterników dźwigniowych, osadzonych w łożyskach kulkowych, drążków pośrednich i tarcz krzywkowych, napędzanych w silniku 5Ab przekładnią redukcyjną planetową, w silnikach 7Ma i 14Ac — przekładnią epicykloidalną²⁾.

Smarowanie — przy pomocy pompki oliwnej zębataj, karburatory systemu „Zenith”, pompki benzynowe „AM”, sprzęgnięte z silnikiem. Mechanizmy pomocnicze, z wyjątkiem napędu zaworów, zebrane są na tylnej stronie silnika, jedynie w silniku 5 Ab magneta i pompka oliwna umieszczone są po stronie śmigła.

Celem lepszego gazowania mieszanki benzynowej i równomierniejszego jej rozdzielania między cylindry, silniki 7Ma i 14Ac są wyposażone w wiatrak mieszankowy.



Rys. 14. Wał korbowy i korbowody silnika Lorraine 14Ac.

Silnik 7Ma bywa wykonywany również z przekładnią redukcyjną dla śmigła, tego samego systemu, jak w silniku Lorraine 450 KM.

(d. n.)

¹⁾ Wpływ wiatraka mieszankowego na sprawność silnika opisaliśmy w Nr. 31 Przegl. Techn. z r. 1929.

²⁾ Patrz Przegl. Techn. Nr. 50 z r. 1928.

Wodociągi i kanalizacje w uzdrowiskach polskich w myśl nowego ustawodawstwa.

Napisał Inż. Mag. Z. Rudolf.

W naszym ustawodawstwie wodociągowo-kanalizacyjnym nastąpiła większa zmiana dopiero na początku r. 1928, kiedy wydano 3 rozporządzenia Prezydenta Rzeczyposp. 1) z dn. 16.II.1928 o prawie budowlanym i z abudowaniu osiedli (Dz. Ust. Nr. 23, poz. 202); 2) z dnia 16.III.1928 o zaopatrywaniu ludności w wodę (Dz. Ust. Nr. 32, poz. 310) i 3) z dnia 16.III.1928 o usuwaniu nieczystości i wód opadowych (Dz. Ust. Nr. 32, poz. 311).

Do czasu wydania powyższych rozporządzeń, mających moc ustaw, kierowano się w stosunku do gmin miejskich i wiejskich w dziedzinie wodociągów i kanalizacji przepisami b. państw zaborczych. Przepisy te, jako przestarzałe, nie odpowiadały potrzebom doby dzisiejszej i załatwiały sprawy zaopatrzenia w wodę i usuwania nieczystości tylko dorywczo i bardzo często niefachowo. Odrębny dział jakoby stanowiły uzdrowiska, których sprawy zostały już przez władze polskie uregulowane ustawą z dnia 23.III.1922 roku (Dz. Ust. Nr. 31, poz. 254) oraz rozporządzeniem Ministra Zdrowia Publicznego z dnia 19.XI.1923 r. w przedmiocie przepisów sanitarnych dla uzdrowisk, posiadających charakter użyteczności publicznej (Dz. Ust. Nr. 125, poz. 1016). Wkrótce jednak po ogłoszeniu ustawy uzdrowiskowej okazało się, że ma ona poważne braki, które utrudniają praktyczne jej stosowanie. Powołana przytoczoną ustawą Państwowa Rada do Spraw Uzdrowisk zaraz na pierwszym swem posiedzeniu w roku 1923 zgłosiła wnioszek o jej znowelizowanie, a dopiero w dniu 22 marca 1928 roku zostało wydane rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej, zmieniające i uzupełniające ustawę o uzdrowiskach (Dz. Ust. Nr. 36, poz. 331).

Na podstawie wymienionych czterech nowych rozporządzeń Prezydenta Rzeczypospolitej z roku 1928, można wyraźnie określić te drogi, jakimi kroczymy w kierunku uregulowania spraw wodociągowo-kanalizacyjnych w uzdrowiskach.

Rozporządzenia o zaopatrywaniu ludności w wodę oraz usuwaniu nieczystości i wód opadowych ujmują zagadnienie rozwoju wodociągów i kanalizacji najszerszej. Pieczę nad należytem zaopatrzeniem w wodę do picia i do potrzeb gospodarczych oraz nad właściwym usuwaniem nieczystości i wód opadowych uznają wymienione rozporządzenia za obowiązek gminy, bez względu na to, czy dana miejscowość jest uzdrowiskiem, czy nie. Na podstawie art. 29 o uzdrowiskach ten zakres działania gminy może być jednak przekazany (drogą statutu uzdrowiska lub rozporządzeniem wojewody) komisji uzdrowiskowej, gdyby zachodziła uzasadniona obawa, że należyte spełnianie tych obo-

wiązków przez gminę nie będzie możliwe czy to z powodu zbyt niskiego jej poziomu kulturalnego, czy to z uwagi na jej stan finansowy. Gmina, która ma wyłączne prawo do budowy i utrzymania wodociągów oraz kanalizacji, może jednak na podstawie art. 7-go Rozp. Prez. Rzp. o zaopatrywaniu ludności w wodę i art. 6-go Rozp. Prez. Rzp. o usuwaniu nieczystości i wód opadowych zezwolić na budowę tych urządzeń innej osobie prawnej lub fizycznej. Zezwolenia takiego nie może gmina odmówić, jeżeli w uzdrowisku, uznanem za posiadające charakter użyteczności publicznej, komisja uzdrowiskowa lub właściciel uzdrowiska zamierza wybudować wodociąg lub kanalizację, a gmina sama nie przystępuje do budowy tych urządzeń, czyniących zadość potrzebom całego uzdrowiska. Na wykonanie państwowej sieci wodociągowej lub kanalizacyjnej zezwolenie gminy jest niepotrzebne, a więc w uzdrowiskach państwowych sprawa budowy urządzeń zdrowotnych jest do pewnego stopnia ułatwiona. W gminach, leżących całkowicie lub częściowo w granicach uzdrowiska, w założeniu urządzeń kanalizacyjnych dla uzdrowiska winna wziąć udział finansowy także sama gmina (art. 1, ust. przedostatni rozporządzenia Prez. Rzp. o usuwaniu nieczystości i wód opadowych), gdyż ona w pierwszym rzędzie ciągnie korzyści z tych urządzeń, prócz korzyści, jakie jej daje współistnienie z uzdrowiskiem o charakterze użyteczności publicznej. Rozporządzenie to słusznie zastrzeżę, że Ministrowi Spraw Wewnętrznych przysługuje prawo, w drodze zarządzeń, nakładać na poszczególne gminy, leżące całkowicie lub częściowo w granicach uzdrowiska, obowiązek założenia lub przyczynienia się do założenia urządzeń kanalizacyjnych bez względu na liczbę mieszkańców.

W myśl art. 4 znowelizowanej ustawy o uzdrowiskach, uzdrowisko może być uznane za posiadające charakter użyteczności publicznej, jeżeli, między innymi, znajduje się w miejscowości, w której nie ma poważnych przeszkód do zabezpieczenia nieodzownych warunków sanitarnych i posiada konieczne urządzenia zdrowotne i lecznicze. Artykuł zaś 5-ty tejże ustawy zalicza w pierwszym rzędzie do koniecznych urządzeń zdrowotnych każdego uzdrowiska:

- a) urządzenia, zabezpieczające dostateczne zaopatrzenie w dobrą wodę do picia;
- b) urządzenia, należące usuwające wody ściekowe i odpadki.

Z punktu a) nie wynika, aby uzdrowiska o charakterze użyteczności publicznej musiały koniecznie posiadać wodociągi. Z drugiej strony, rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej o zaopatrywaniu w wodę w art. 1-szym ustala, że w wykonaniu obowiązku należytego zaopatrywania lud-

ności w wodę do picia i do potrzeb gospodarczych gminy powinny:

1) czuwać nad tem, aby istniejące w ich obrębie publiczne i prywatne urządzenia do zaopatrywania ludności w wodę odpowiadały przepisom niniejszego rozporządzenia oraz rozporządzeń, wydanych na jego podstawie;

2) budować i utrzymywać odpowiednio do potrzeb ludności urządzenia do zaopatrywania w wodę, przeznaczone do użytku publicznego.

Przytem art. 4-ty tegoż rozporządzenia wskazuje, co należy rozumieć pod nazwą urządzenia do zaopatrywania ludności w wodę: naturalne lub sztuczne zbiorniki wodne (powierzchniowe i wgłębne), z których ujmuje się wodę, przylegające do nich tereny wodonośne i obszary ochronne, ujęcia wody, urządzenia do jej oczyszczania oraz urządzenia, z których pomocą woda jest dostarczana bezpośrednio do użytku (sieć wodociągowa, studnie, ujęcia źródlane).

Z treści przytoczonych artykułów wynika, że władze uzdrowiskowe w każdym przypadku mogą zdecydować, czy projektowane urządzenia do zaopatrywania ludności w wodę będą dostateczne do przyznania mu charakteru użyteczności publicznej, czy też budowa wodociągu jest w tym celu niezbędna.

Również z punktu b) art. 5-go ustawy o uzdrowiskach nie wynika, aby uzdrowiska o charakterze użyteczności publicznej musiały koniecznie mieć kanalizację. Potwierdza to rozporządzenie Prez. Rzecz. o usuwaniu nieczystości i wód opadowych, które w art. 1-szym wskazuje, że obowiązkiem gminy jest:

1) czuwać nad tem, aby istniejące w ich obrębie na terenie zaludnionym publiczne i prywatne urządzenia do usuwania nieczystości i wód opadowych odpowiadały przepisom niniejszego rozporządzenia i rozporządzeń, wydanych na jego podstawie, i wogóle przepisom obowiązującym;

2) w miejscowościach, liczących powyżej 25 000 mieszkańców, zakładać urządzenia kanalizacyjne do odprowadzania nieczystości i wód opadowych z całego terenu gminy oraz prowadzić oczyszczanie ścieków w ten sposób, aby w razie wpuszczania ich do wód powierzchniowych lub gruntowych nie wpływały na skład tych wód pod względem fizycznym, chemicznym i biologicznym w sposób szkodliwy lub mogący być szkodliwym dla zdrowia;

3) w miejscowościach, liczących poniżej 25 000 mieszkańców, wprowadzić takie sposoby i urządzenia do zbierania, przechowywania i usuwania nieczystości oraz usuwania wód opadowych, któreby zapewniły utrzymanie czystości gleby, wód i powietrza w gminie (ulga ta dla mniejszych gmin jest konieczna, gdyż są one zazwyczaj za mało zasobne, by zdobyć się już dziś na budowę kanalizacji, inne zaś sposoby usuwania nieczystości dadzą się zastosować z względnie dobrym skutkiem).

W uzdrowiskach więc o ludności poniżej 25 000 mieszkańców budowa kanalizacji nie jest przez prawo wymagana. W znacznej części uzdrowisk kanalizacja powinna być jednak wymagana, gdyż sama liczba kuracjuszków jest w nich dość pokaźna. Tak, na przykład, w roku 1928 frek-

wencja kuracjuszków w Zakopanem przekroczyła 43 tysiące, w Krynicy — 35 tysięcy, w Ciechocinku i Otwocku — 16 tysięcy, w Rabce — 15 tysięcy, w Truskawcu — 11 tysięcy, a w innych uzdrowiskach liczby te są znacznie niższe.

Uzdrowiskom¹⁾, które nie czynią zadość wszystkim wymaganiom art. 5-go ustawy o uzdrowiskach z dnia 23 marca 1922 roku, może Minister Spraw Wewnętrznych wyznaczyć odpowiednie terminy prekluzyjne do założenia koniecznych urządzeń zdrowotnych pod groźą zastosowania art. 9-go wymienionej ustawy (artykuł ten głosi, że charakter użyteczności publicznej może być odjęty uzdrowisku, o ile uzdrowisko utraci warunki, przewidziane w art. 4 i 5 tejże ustawy; odjęcie zaś charakteru użyteczności publicznej oznacza utratę pełni praw administracyjnych i finansowych, wpływających z ustawy o uzdrowiskach).

Zarówno same urządzenia do zaopatrywania w wodę, jak i sposób korzystania z nich oraz warunki, jakim powinna odpowiadać woda do picia, wymagają szczegółowych wskazań, które nie mogły być umieszczone w rozporządzeniu Prezydenta Rzeczypospolitej o zaopatrywaniu ludności w wodę, będącym na prawach ustawy, gdyż wskazania te mogą ulegać zmianom z biegiem czasu i rozwojem nauki. Z tego tytułu rozporządzenie to nadaje Ministrowi Spraw Wewnętrznych w porozumieniu z Ministrem Robót Publicznych prawo wydawania rozporządzeń, dotyczących ogólnych warunków budowy urządzeń do zaopatrywania w wodę i ich eksploatacji. Także rozporządzenie Prezydenta o usuwaniu nieczystości i wód opadowych przewiduje wydanie przez tychże ministrów rozporządzeń wykonawczych, normujących: 1) warunki, jakim powinny odpowiadać wszelkie publiczne i prywatne urządzenia do usuwania nieczystości i wód opadowych, 2) korzystanie z tych urządzeń oraz 3) warunki, jakim powinny odpowiadać ścieki, nadające się do bezpośredniego wpuszczania do zbiorników wód powierzchniowych i do ziemi. Przytoczone rozporządzenia będą, oczywiście, dotyczyły również uzdrowisk.

Rozporządzenie Prezydenta Rzeczypospolitej o prawie budowlanym i zabudowaniu osiedli normuje (w art. art. 246—261) dla uzdrowisk sprawę budowy studni, ustępów i t. p., rozpatrując uzdrowiska narówni z gminami miejskimi, co uważać na-

¹⁾ W dniu wejścia w życie ustawy uzdrowiskowej otrzymały charakter użyteczności publicznej uzdrowiska państwowe, uzdrowisko Zakopane i zakłady zdrojowe w Inowrocławiu.

Pierwszy spis uzdrowisk, ogłoszony rozporządzeniem z dnia 28.XII. 1923 (Dz. Ust. Nr. 14 poz. 131, 1924), uznał za posiadające charakter użyteczności publicznej uzdrowiska: Otwock, Ojców, Rabka, Szczawnica, Żegiestów i Morszyn.

Rozporządzeniem Prezydenta R. P. z dnia 22.III.1928 (Dz. Ust. Nr. 36, poz. 331) nadano charakter użyteczności publicznej dalszym 12 uzdrowiskom; do nich należą: Druśkieniki, Iwonicz, Jaremcze, Krzeszowice, Lubień, Nałęczów, Rymanów, Solec, Swoszowice, Truskawiec, Worochta, Zaleszczyki.

Do dnia 31 grudnia 1928 r. było w Polsce 25 uzdrowisk, posiadających charakter użyteczności publicznej, w tem 5 państwowych, z których 2 są nieczynne.

leży za słuszne, gdyż w zasadzie uzdrowisko wymaga tych samych urządzeń zdrowotnych, co i miasto. W ramach tego rozporządzenia powinny być wydane „przepisy miejscowe”, które mają między innymi regulować: 1) sposób zarządzania łazienek, ustępów, dołów ustępowych, gnojowników i podobnych urządzeń oraz 2) sposób budowy studzien, tudzież urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych na poszczególnych działkach. W drodze przepisów miejscowych mogą być ustanowione obostrzenia przepisów omawianego rozporządzenia, które normuje budowę studzien, ustępów, dołów ustępowych, gnojowników (art. art. 246—250, 251—256). W tej samej drodze może być ustanowiony (art. 410 pkt. 9) obowiązek przyłączenia poszczególnych działek do sieci wodociągowej i kanalizacyjnej gminnej, sposób pokrycia kosztów tego przyłączenia, zasady i warunki ogólne i techniczne takiego przyłączenia, opłaty za pobór wody z wodociągu gminnego i za korzystanie z kanalizacji, a gdy niema wodociągu — obowiązek zarządzania studzien.

Przepisy miejscowe (art. 415) wydaje Minister Robót Publicznych w porozumieniu z Ministrem Spraw Wewnętrznych na wniosek wojewody, oparty na uchwałę komisji uzdrowiskowej (dla uzdrowisk, uznanych za posiadające charakter użyteczności publicznej). W razie, gdy komisja uzdrowiskowa w terminie, wyznaczonym przez państwową władzę nadzorczą, uchwał w sprawie wspomnianych przepisów nie poweźmie, przepisy miejscowe może wydać Minister Robót Publicznych w porozumieniu z Ministrem Spraw Wewnętrznych, nie oczekując powzięcia takich uchwał. Przepisy miejscowe powinny być oparte z jednej strony na postanowieniach rozporządzenia o prawie budowlanem i zabudowaniu osiedli, z drugiej zaś strony muszą być w zgodzie ze szczegółowymi przepisami, określającymi wymagania sanitarne, jakie może wydawać w myśl art. 330 tegoż rozporządzenia o prawie budowlanem i zab. osiedli Minister Spraw Wewnętrznych w porozumieniu z Ministrem Robót Publicznych i zainteresowanymi ministrami. A więc postanowienia przytoczonych na początku rozporządzeń wykonawczych do rozporządzeń Prezydenta Rzeczypospolitej o zaopatrywaniu ludności w wodę i usuwaniu nieczystości muszą być w przepisach niniejszych wzięte pod uwagę. Daje to gwarancje sze-

rokiego i naukowego ujęcia zagadnienia z możliwym uwzględnieniem warunków miejscowych.

Zgodnie z art. 420 omawianego prawa budowlanego, do czasu wydania przepisów miejscowych zachowują moc prawną odnośnie przepisy, obowiązujące w dniu wejścia w życie niniejszego prawa, a regulujące kwestje, wyszczególnione w jego artykułach w sposób, w nich podany. Na tej podstawie obowiązuje nadal rozporządzenie Ministra Zdrowia Publicznego z dnia 19.XI.1923 (częściowo zmienione postanowieniami czterech opisanych rozporządzeń Prezydenta Rzeczypospolitej) w przedmiocie przepisów sanitarnych dla uzdrowisk, posiadających charakter użyteczności publicznej, zwłaszcza obowiązują przepisy tego rozporządzenia, dotyczące studzien, ustępów, dołów kloacznych.

Poruszyłem tu tylko sprawy najważniejsze i najbardziej charakterystyczne w celu lepszego ich uwypuklenia.

Z rozważań nowego ustawodawstwa wynika, że uzdrowiska są traktowane pod względem budowlanym i sanitarnym narówni z innymi gminami, nie mającymi prawa zaliczenia do uzdrowisk o charakterze użyteczności publicznej, i że specjalne przepisy dla uzdrowisk zostają powoli wyrugowywane. Gdy zostaną wydane rozporządzenia wykonawcze do nowych rozporządzeń Prezydenta Rzeczypospolitej, przestanie obowiązywać rozporządzenie Ministra Zdrowia Publicznego z dnia 19.XI.1923, które jest w wielu przypadkach jeszcze dziś trudne do zrealizowania. Dziesięcioletnie doświadczenie nasze wyraźnie wskazuje, że osobne ustawodawstwo (budowlane i sanitarne) uzdrowiskowe o zbyt wygórowanych wymaganiach może raczej tamować powstawanie i rozwój uzdrowisk. Należy dążyć do tego, aby wszystkie osiedla miały odpowiednie warunki sanitarne, do których przyczyniają się przedewszystkiem racjonalnie zbudowane i utrzymywane urządzenia do zaopatrywania w wodę i do usuwania nieczystości. Specjalną uwagę trzeba zwrócić na uzdrowiska, by otrzymały te konieczne urządzenia zdrowotne jak najprędzej. Jest to już nietylko sprawa ważna z punktu widzenia zdrowotności publicznej, ale także z punktu widzenia stanu finansowego naszego Państwa.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO. SPAWANIE.

Zastosowanie spawania do budowy domu.

W m. Cleveland, w St. Zjedn., zbudowano niedawno w sposób interesujący, z zastosowaniem spawania elektrycznego, dom 4-piętrowy. Budynek zajmuje 36×18 m powierzchni i ma 16 m wysokości. Jedną z jego osobliwości jest to, że zastosowano w nim ustrój szkieletowy o słupach jednopiętrowych; belki więc każdego piętra opierają się na właściwych odcinkach słupów, łączonych z odcinkami

piętra poprzedniego w miarę postępu budowy. Umożliwiło to zastosowanie zmiennego przekroju słupów od piętra do piętra, co wpłynęło na obniżenie kosztów żelaza o 13%.

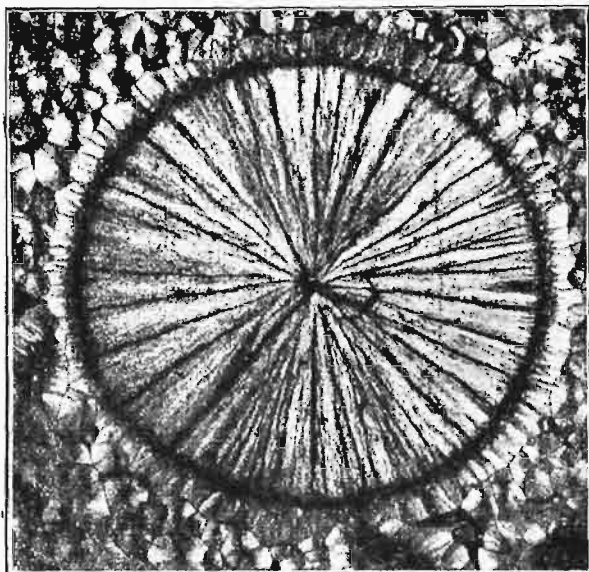
Wszystkie złącza pomiędzy słupami a belkami są spawane elektrycznie, mimo że belki główne mają 18 m rozpiętości. Przy montażu nie zastosowano przytem — jak zwykle — prowizorycznego łączenia części stykających się na pewną ilość śrub, zanim wykonany będzie szew, — lecz opierano poprostu belki na odpowiednich występach w górnych częściach kolumn.

Uproszczenie to umożliwiło znaczne skrócenie czasu robót. Samo spawanie, którym zajętych było 5 ludzi, trwało bardzo krótko, a ponieważ wykonywane było w miarę postępu montażu na kolejnych piętrach, więc nie było potrzebne żadne rusztowanie. Zastosowany do spawania prąd miał 200 A natężenia. (Bautechnik, 9 sierpnia r. ub.).

METALOZNAWSTWO.

O krystalicznych ziarnach odlewów.

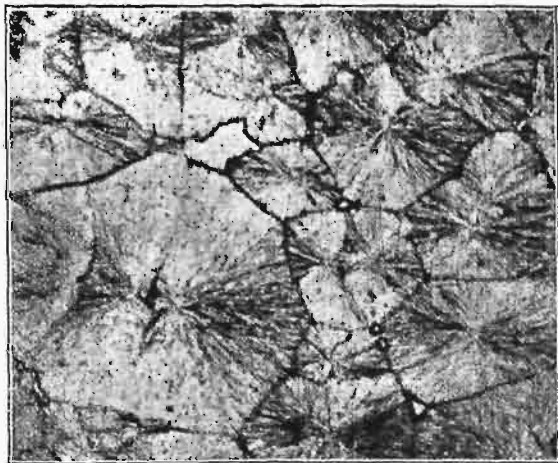
W pracy powyższej chce autor (prof. dr. Głazunow) odpowiedzieć na następujące pytania: 1) czy proces krystalizacji rozprzestrzenia się we wszystkich kierunkach od ośrodka z jednakową szybkością, przyczem powstaje sfero-



Rys. 1.

lit, czy też zaznacza się pewna wektorowość tego zjawiska, zgodnie z krystalograficznym układem materji, i 2) czy produkt, powstały z jednego ośrodka krystalizacyjnego, jest fizycznie jednorodny, t. j. jednokrystaliczny, czy też fizycznie niejednorodny, czyli polikrystaliczny.

Obserwując krystalizację związków organicznych w cienkich warstwach, t. j. w tych warunkach, gdy proces kry-



Rys. 2.

stalizacji odbywa się praktycznie w płaszczyźnie (t. j. w przestrzeni dwuwymiarowej) i gdy temperatura całego preparatu jest wszędzie jednakowa, zauważył autor, że struk-

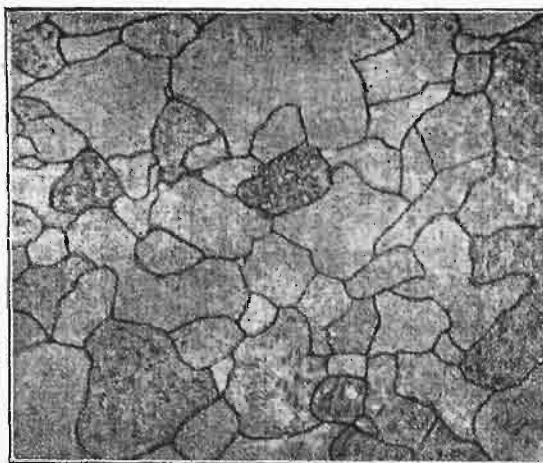
tura powstałych kryształów bywa zawsze promieniowa lub gwiazdzista, przyczem geometrycznym środkiem jej jest ośrodek krystalizacyjny. Taki proces, zatrzymany w swoim rozwoju przez szybkie hartowanie, przyczem reszta substancji skrzepła w drobnych ziarnach, widoczny jest na rys. 1. Zakończony proces krystalizacji w cienkiej warstwie grupy kryształów, które rosły z różnych ośrodków krystalizacyjnych, a przytem przeszkadzały jeden drugiemu, odzwierciadla rys. 2. Gdy porównamy ten obraz z rys. 3 (czyste żelazo), 4 (czysty ołów) i 5 (czysta miedź), widzimy, że całkowity kształt ziarn jest podobny, z tą tylko różnicą, że w metalach pojedyncze ziarna poliedryczne są jednorodne, natomiast w związkach organicznych ziarno jest złożone z oddzielnych kryształów, wyrosłych z jednego ośrodka krystalizacyjnego. Gdy jednak krystalizacja metalu odbywa się w warunkach podobnych, t. j. w cienkich warstwach, wtedy i w metalu otrzymamy promieniową strukturę ziarn, jak to widzimy na pocynkowanej blasze żelaznej lub na antymonie (na powierzchni odlewu).

Tammann twierdzi, że graniczne powierzchnie przy krystalizacji sferoidalnej i poliedrycznej są różne, mianowicie w pierwszym wypadku jest to powierzchnia krzywa, w drugim — płaszczyzna, ale na rys. 3 do 5 takiej różnicy nie spostrzegamy; we wszystkich wypadkach widzimy tylko płaszczyzny graniczne, widać to również na rys. 6 (mikrofotografia granic trzech ziarn przy krystalizacji sferoidalnej).

Nasuwa się pytanie, dlaczego w jednym wypadku (przy krystalizacji na powierzchni) z jednego ośrodka krystalizacji rośnie cały szereg kryształów w różnych kierunkach, natomiast w wypadku drugim (wewnątrz odlewu) rośnie tylko jeden kryształ.

Dla wyjaśnienia tego proponuje autor następującą hipotezę: z każdego ośrodka krystalizacyjnego zaczyna rosnać zawsze grupa kryształów we wszystkich kierunkach, tak że pierwszym etapem krystalizacji będzie zawsze sferoid, składający się ze znacznej ilości kryształów, rosnących promieniowo. Ta polikrystaliczność ziarna może pozostać i nadal albo częściowo, albo zupełnie zaniknąć; w ostatnim wypadku otrzymujemy kryształ allotriomorficzny, a więc homogenizacja ziarna jest procesem wtórnym.

Powstanie jednorodnego ziarna wewnątrz czystego metalu możnaby wytłumaczyć w sposób następujący: od ośrodka krystalizacji rosną we wszystkich kierunkach kryształy,



Rys. 3.

Stykają się one powierzchniami o jednakowym składzie chemicznym, między którymi niema ani warstwy bezpostaciowej, ani żadnych zanieczyszczeń (które bywają i w bardzo

czystych metalach), gdyż rosnące kryształy wypierają je w kierunku swego rozrostu. Temperatura kryształów od ośrodka krystalizacyjnego do powierzchni kryształu pozostaje stałą podczas całego procesu, ponieważ straty ciepła



Rys. 4.

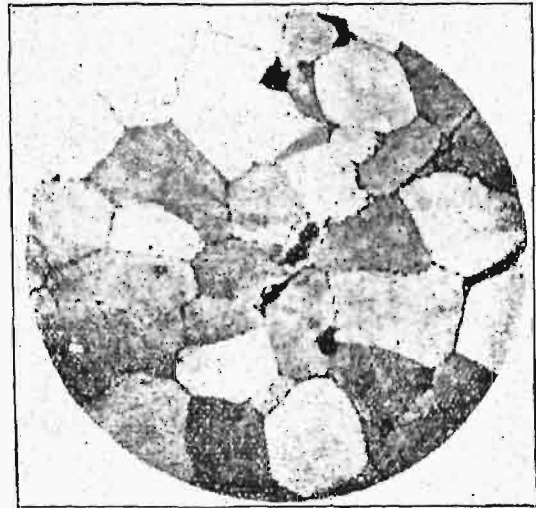
uzupełnia ciepło krzepnięcia. Te warunki cieplne są pomyslane dla spojenia (zrostu) sąsiadujących pojedynczych kryształów (homogenizacji), które łączą się podobnie jak dwie krople rtęci, gdy się zetkną ze sobą czystymi powierzchniami. Różnica polega na tem, że rtęć dąży do osiągnięcia jaknajmniejszej powierzchni, natomiast metal dąży podczas krystalizacji do zwiększenia kryształu, zachowując jego kształt. To dążenie do zrostu ujawnia każdy układ, jest to bowiem dążenie do osiągnięcia stanu największej równowagi, mian. do zmniejszenia wolnej energii, w danym wypadku — do zmniejszenia energii powierzchniowej przez zmniejszenie powierzchni, — t. zn. do zwiększenia entropji. Jeżeli ogrzewanie gotowych odlewów w ciągu stosunkowo krótkiego czasu i do temperatury niezbyt wysokiej może spowodować rekrytalizację, t. j. rozrost ziarn (przez połączenie pojedynczych poliedrów), to zrastanie się pojedynczych kryształów w temperaturze bliskiej do punktu topienia jest bardzo prawdopodobne.

Podczas krystalizacji w cienkich warstwach (lub na powierzchni odlewu) metal nie może być uchroniony przed o. hładzącym wpływem otoczenia i wskutek tego homogenizacja nie odbywa się tak łatwo, jak wewnątrz bloku. W zależności od: 1) temperatury bezwzględnej, przy której odbywa się krystalizacja; 2) od zdolności substancji do zmieniania przy tej temperaturze orientacji swych jednostek krystalicznych; 3) od szybkości opadania temperatury i 4) od szybkości procesu homogenizacji, proces ten przebiegnie do końca lub nie (ujednorodnienie całkowite, częściowe lub żadne). Jeśli homogenizacyjna zdolność substancji jest wysoka, to odbywa się częściowe lub zupełne pochłonięcie jednych kryształów promieniowych przez sąsiednie, otrzymujemy wtedy kryształy gwiazdiste, krzyżowe (rys. 7) lub też pseudodendrytyczne. Natomiast przy słabej zdolności do homogenizacji otrzymujemy typową strukturę promieniową.

Strukturę, przy której możemy spostrzec wewnątrz ziarn czystych substancji budowę dendrytyczną, nazywa autor pseudodendrytyczną, dla odróżnienia od prawdzi-

wej struktury dendrytycznej, powstałej podczas początkowego procesu krystalizacji z roztworów.

Proces homogenizacji może odbywać się tak szybko, że jednocześnie z powstaniem promieniowo rozmieszczonych kryształów następuje ich homogenizacja i już na początku procesu krystalizacyjnego możemy otrzymać ziarna



Rys. 5.

jednokryształowe (pseudodendryty albo budowę krzyżową).

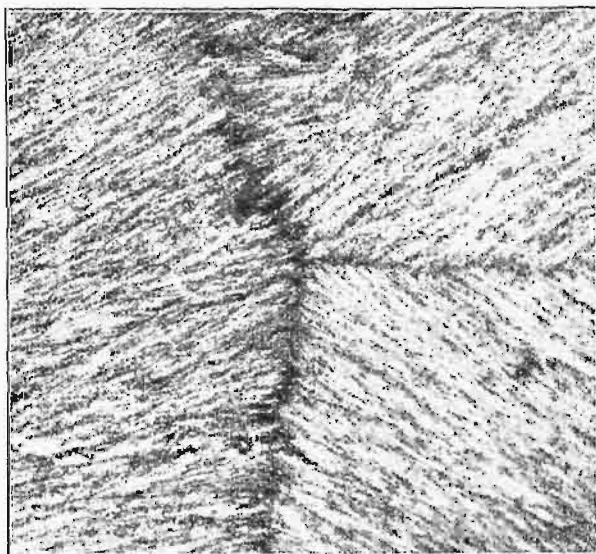
W wypadku krystalizacji stopów są możliwe układy następujące:

- I. Substancja krystalizuje w stanie czystym (faza krystaliczna nie daje roztworów stałych).
 - 1^o. Skład stopu nie odpowiada eutektyce.
 - 2^o. Stop ma skład eutektyczny.
- II. Substancja krystalizuje jako roztwór stały.
 - 1^o. Szereg ciągły roztworów stałych.
 - 2^o. Ograniczona rozpuszczalność w stanie stałym.
 - A. Skład stopu leży w granicach roztworów stałych.
 - B. Skład stopu leży w odstępach między roztworami stałymi.
 - a) stop krystalizuje według wykr. IV Roozebooma
 - b) stop krystalizuje według wykr. V Roozebooma.
- III. Substancje, z których się składa stop, tworzą związki chemiczne.

W wypadku I, 1, gdy krystalizacja odbywa się w wolnym tempie, kryształy na początku zaczynają rosnąć we wszystkich kierunkach, ale zanim wyrosną odbywa się homogenizacja i kryształ otrzyma swój kształt właściwy; otrzymujemy wtedy kryształ idjomorficzny. Gdy szybkość krystalizacji jest większa niż dyfuzja w roztworze, substancja krystalizująca będzie szukać materiału dla swej budowy w odleglejszych częściach roztworu i w ten sposób powstanie prawdziwa budowa dendrytyczna. Reszta płynu skrzepnie jako eutektyka.

W wypadku I, 2, t. j. krzepnięcia stopu o składzie eutektycznym, wydzielanie z płynnej fazy najmniejszej cząsteczki jednego składnika wywołuje natychmiast wydzielenie drugiego składnika. W tym wypadku od ośrodka krystalizacyjnego zaczynają rosnąć we wszystkich kierunkach kryształy o różnym składzie chemicznym. Homogenizacja,

t. j. spojenie pojedynczych promieni jest w tym wypadku niemożliwa.

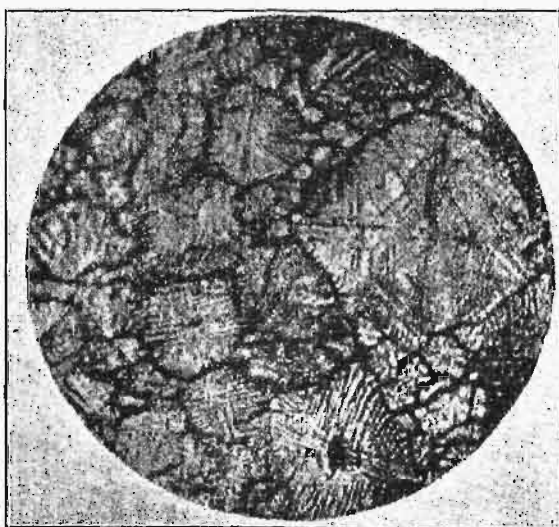


Rys. 6.

Proces krystalizacji stopów, tworzących roztwory stałe, odbywa się przy zupełnej rozpuszczalności, tak w stanie płynnym, jak i w stałym, w sposób poniższy. Podczas krystalizacji stopu o pewnym składzie (naprz. stop x na rys. 8), skład pierwszego kryształka w bezpośrednim sąsiedztwie z ośrodkiem krystalizacji (wzgl. skład samego ośrodka krystalizacji) będzie odpowiadał punktowi b , a skład kryształka powstałego na powierzchni ziarna — punktowi a .

Zależnie od szybkości chłodzenia, szybkości dyfuzji w stanie krystalicznym i wzajemnej odległości punktów a i b , otrzymamy ziarna bądź jednorodne, bądź też niejednorodne. Homogenizacja jest w tym wypadku tem trudniejszą, im większa jest różnica w składzie wewnątrz kryształów, t. j. im większa jest odległość ab .

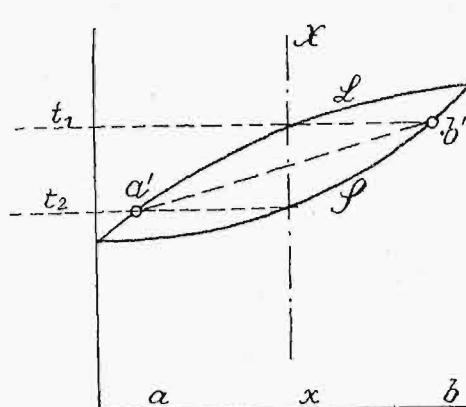
Podobnie jest i przy krystalizacji stopów według wykr. V Roozebooma. Zależnie od wymienionych czynników, po-



Rys. 7.

wstana kryształy idjomorficzne lub poliedry, albo struktura dendrytyczna, przyczem pojedyncze poliedry albo dendryty będą graniczyć jeden z drugim, albo będą otoczone przez eutektykę, przyczem skład ziarna zmienia się podczas roz-

rastania. Późniejsza homogenizacja jest tem trudniejsza, im większa jest różnica między składem chem. pierwszego kryształka a ostatniego. Do tego typu (do wykr. z wklęsłym solidusem i wypukłym liquidusem) należy i krystalizacja pierwotnego austenitu w układzie żelazo-węgiel, a tem się objaśnia i heterogeniczność dendrytów przy krystalizacji stopów żelaza z węglem, zaś ta chemiczna heterogeniczność



Rys. 8.

utrudnia homogenizację fizyczną, czem się objaśnia fakt, że w stopach żelaza, nawet gdy były one obiabrane termicznie lub mechanicznie, można spozrzeć jeszcze pierwotne dendryty.

Jak widzimy, przebieg krystalizacji jest zawsze jednokowy: powstaje najpierw ośrodek krystalizacji, z którego rosną kryształy w ten lub inny sposób we wszystkich kierunkach, przyczem powstaje z każdego ośrodka krystalizacyjnego jedno ziarno.

Takie ziarno, powstałe z jednego ośrodka krystalizacji, proponuje autor nazywać krystalitem. (O krystalicznych zrnkach odliłku. Prof. Dr. Glazunov. Strojnický Obzor, 1929, Praha).

Inż. M. Zincenko.

SILNIKI SPALINOWE.

Zmiany temperatury samozapłonu paliw wskutek dodania różnych domieszek.

Autor, zajmując się badaniem wpływu antydetonacyjnego nowego karburatora chemicznego, przeprowadził systematyczne studia nad wpływem różnych domieszek, w ilości od 0 do 100%, do znanych dziś paliw, na temperaturę ich samozapłonu.

Przedewszystkiem klasyfikuje autor rozpatrywane zagadnienia, dzieląc je na: uderzenia (choc), ciała antydetonacyjne, niedetonacyjne (indétonant), prodetonacyjne i detonacyjne. Następnie zestawia obecne paliwa (mieszanki), podzielone na powyższe 4 kategorie w stosunku do detonacji, przy uwzględnieniu stopnia sprężenia 5 do 5,5.

Między innymi wskazuje, że niewielkie domieszki oliwy obniżają znacznie temperaturę samozapłonu benzyny, prawie tak, jak i eter; zjawisko to tłumaczy zmniejszenie mocy, przy innych warunkach jednakowych, w razie dodania do benzyny np. 4% oliwy, co jest zalecane przez niektórych praktyków na okres początkowy pracy silnika nowego.

Na podstawie przytoczonych przez siebie temperatur samozapłonu mieszanek o wzrastających ilościach domieszek różnych ciał, temperatur wyznaczonych zapomocą przyrządu Moore'a — Kruppa, próbuje autor objaśnić uzyskane wyniki. (Grebel. Chimie et Industrie, wrzesień 1929).

T R E Ś Ć:

Materiały do projektu elektryfikacji Polski (c. d.).

Posuchy i ich wpływ na stosunki hydrologiczne, ze szczególnym uwzględnieniem Polski, nap. Inż. Alfred Rundo.

WARSZAWA

15 STYCZNIA

1930 R.

S O M M A I R E:

Données concernant l'électrification de la Pologne (suite).

Les sécheresses et leurs effets hydrologiques, particulièrement en Pologne, par M. A. Rundo, Ingénieur.

Materiały do projektu elektryfikacji Polski^{*)}.

Objaśnienia do wykresów.

Wykres 3. przedstawia koszt przewozu węgla w zależności od odległości, według taryfy, obowiązującej od 1 października 1929. Wykres ten zawiera dwie krzywe, dla mialu i dla orzecha II, których rzędne wyrażają koszt transportu w groszach za 100 kg, a odcięte — odległości w km, od 50 — 1000 km.

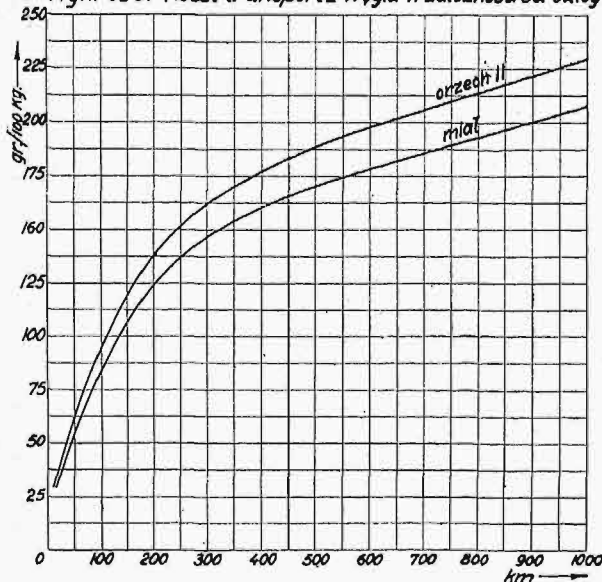
Wykres 4. wyraża zdolność przesyłową przewodów napowietrznych miedzianych przy pomocy krzywych, wykreślonych dla różnych napięć i różnych przekrojów w pięciu odmianach od a) do e). Zdolność przesyłową obliczona jest przy pomocy znanego wzoru Doliwo-Dobrowolskiego przy założeniu 10% straty mocy i współczynnika mocy $\cos \varphi = 1$. Rzędne krzywych wyrażają zdolność przesyłową w megawatach, a odcięte — odległość przesyłania w km. Prostoliniowe części krzywych na wykresach pochodzą z ograniczenia natężenia prądu ze względu na nagrzewanie. Wielkość dopu-

żenie prądu". Dla przewodów na napięcie 100 000 i 200 000 V, jako magistralnych, liczone są przytem z napięciem początkowym o 10% wyższym.

Wykres 5. służy do obliczania w przybliżeniu kosztów przesyłania energii elektrycznej przy pomocy spólrzędnych prostokątnych, dzielących pole wykresu na 4 ćwiartki, oznaczone literami A, B, C i D. Wykres ten przedstawiony jest w siedmiu odmianach dla różnych napięć i różnych linii, począwszy od jednotorowej trójprzewodowej dla napięć 15, 30 i 60 kV, do czteroprzewodowej (1 przewód rezerwowy) na 100 i 200 kV oraz dwutorowej, sześcioprzewodowej, na 100 i 200 kV.

We wszystkich odmianach tego wykresu zasada konstrukcyjna jest jednakowa. W polu A wrysowane są krzywe z wykresu 4, przedstawiające zdolność przesyłową przewodów w megawatach (rzędne) w zależności od odległości przesyłania w km (odcięte).

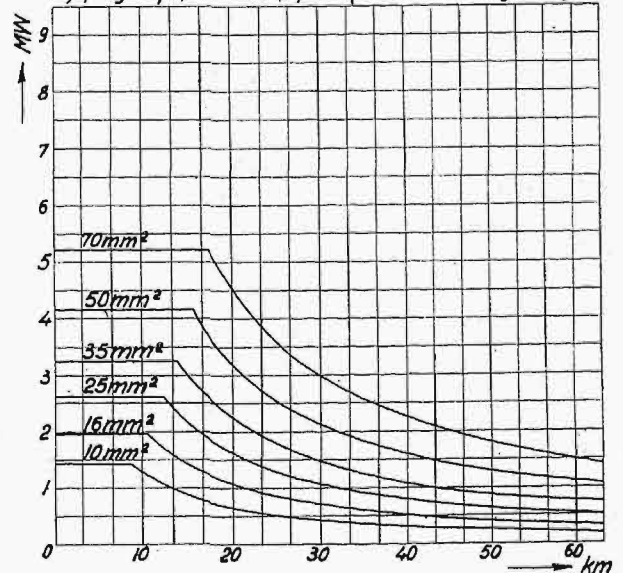
Wykres 3. Koszt transportu węgla w zależności od odległ.



Rys. 3.

szalnego natężenia prądu przyjęta została dla każdego przekroju według tablicy zawartej w „Przepisach budowy i ruchu” dla przewodników miedzianych izolowanych, dla ruchu trwałego, w rubryce „największe dopuszczalne trwałe natę-

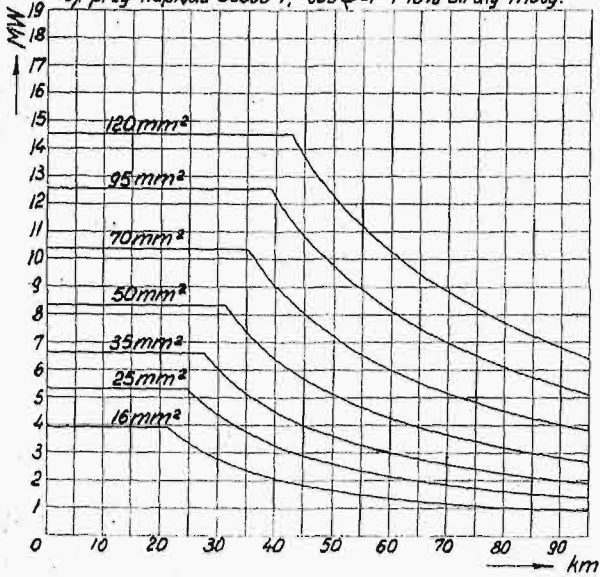
*) Ciąg dalszy do str. 44—8En w zesz 2 z r. b.

Wykres 4a. Zdolność przesyłowa przewodów miedzianych napowietrznych. a) przy napięciu 15000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy.

Rys. 4a.

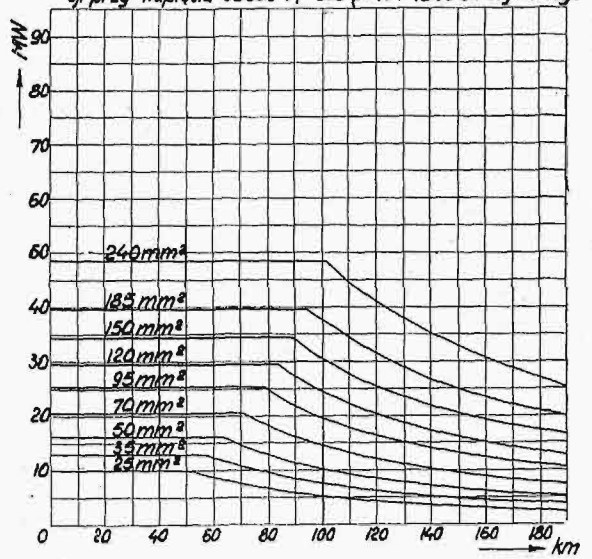
W polu B znajduje się szereg linii prostych, uwidoczniających proporcjonalną zależność rocznych kosztów eksploatacji linii o różnych przekrojach przewodników od długości linii. Roczne koszty eksploatacji obliczone zostały jako 15% od kosztów założenia linii, z których 10% stanowi

Wykres 4b. Zdolność przesyłowa przewodów miedzianych napowietrznych
b) przy napięciu 30000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy.



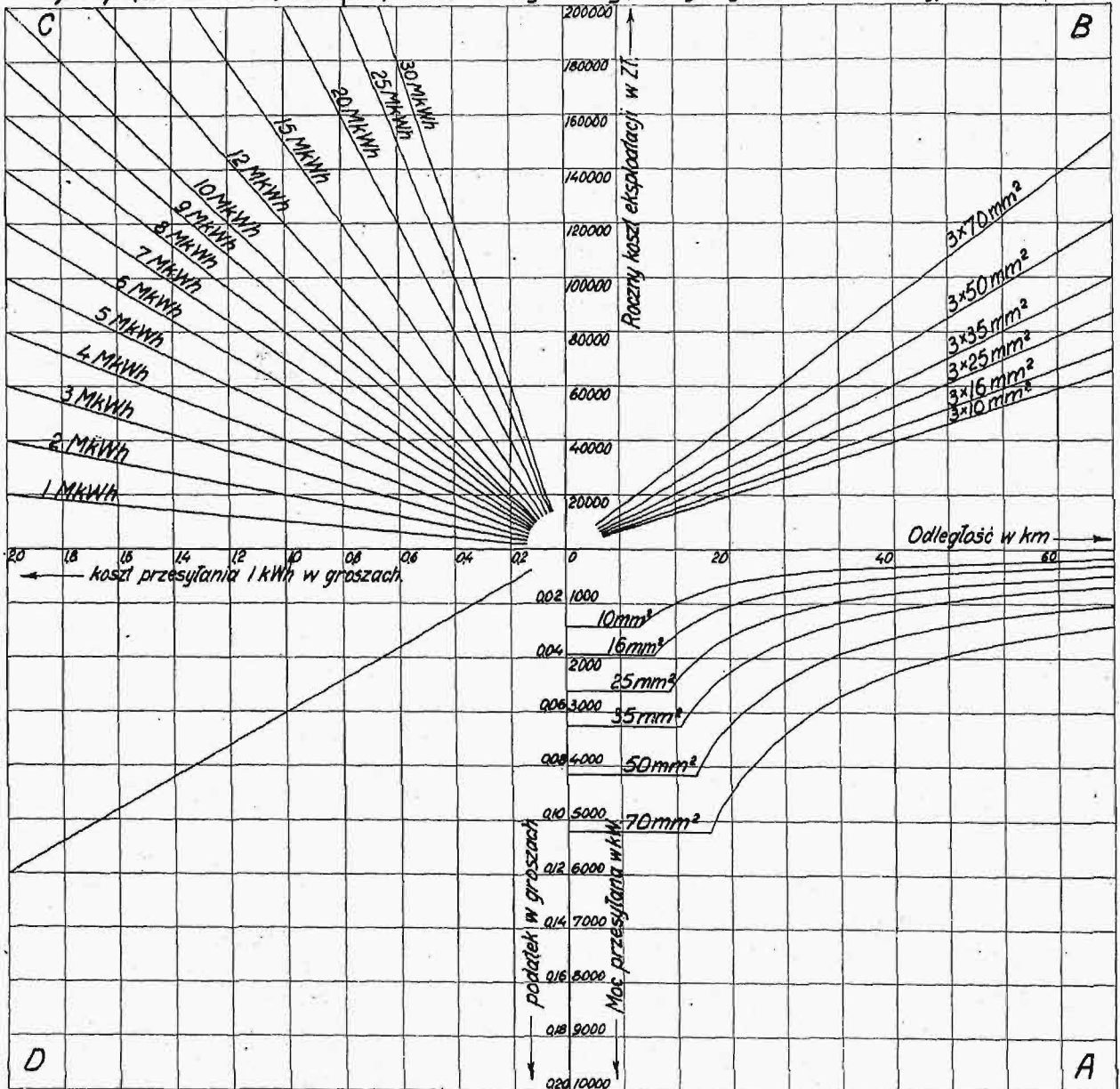
Rys. 4b.

Wykres 4c. Zdolność przesyłowa przewodów miedzianych napowietrznych
c) przy napięciu 60000 V; $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy.



Rys. 4c.

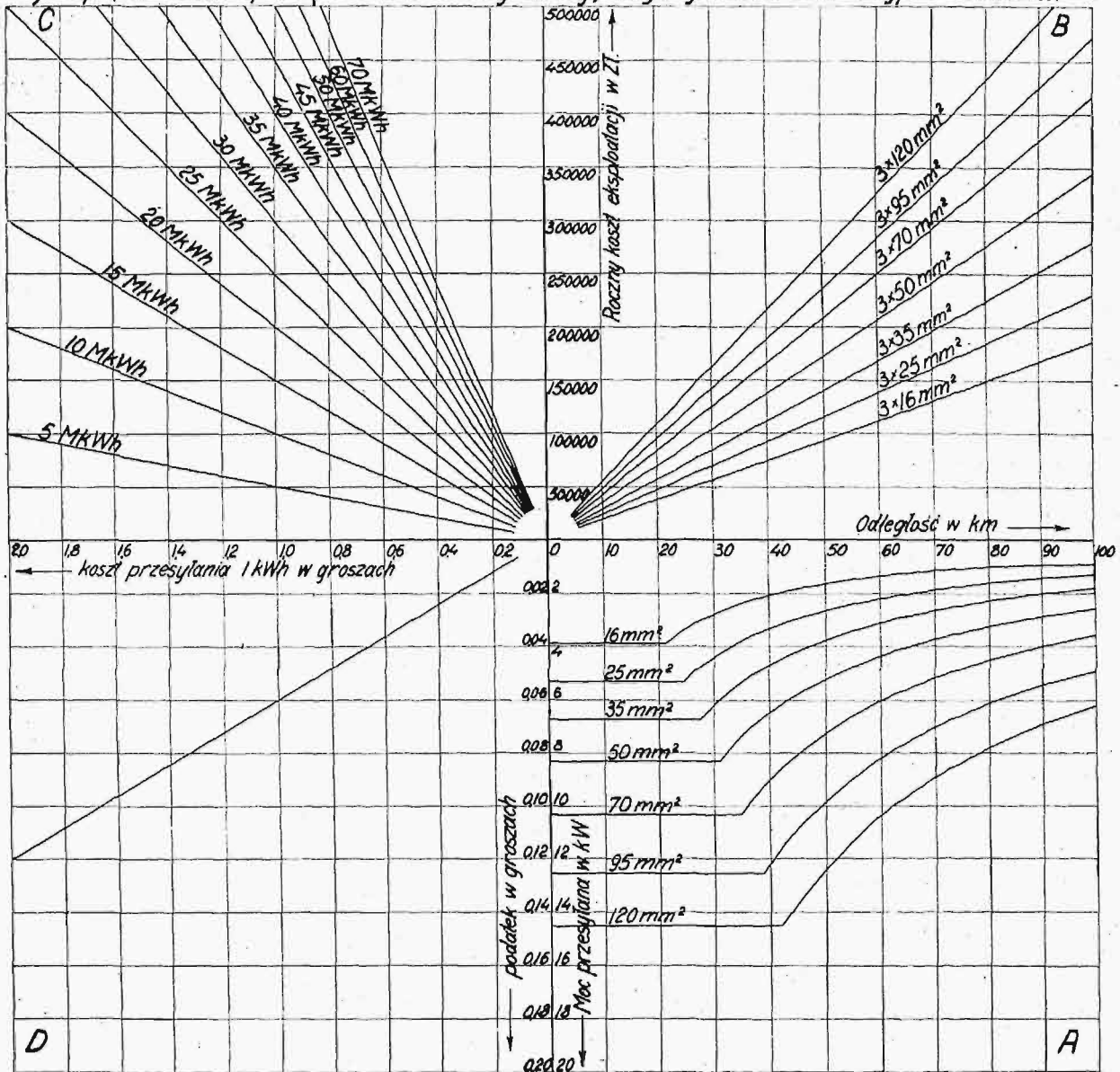
Wykres 5. Koszt przesyłania energii.
a) Napięcie 15000 V; $\cos \varphi = 1$; 10% straty mocy; Linia jednotorowa trójprzewodowa.



Rys. 5a.

Wykres 5. Koszt przesyłania energii.

b) Napięcie 30000V, $\cos \varphi = 1$ i 10% straty mocy; Linia jednorodna trójprzewodowa.



Rys. 5b.

oprocentowanie kapitału zakładowego, 3% — opis na fundusz odnowienia, a 2% — koszt napraw i utrzymania. Według tego można sobie zdać sprawę z przyjętych kosztów założenia linii na 1 km długości, dzieląc rzędną dowolnego punktu danej linii przez 0,15 i przez liczbę kilometrów, odpowiadającą odciętej tegoż punktu.

W polu C znajduje się szereg linii pomocniczych, odpowiadających różnym ilościom pracy, przesyłanej przewodami, od których zależy wielkość kosztu przesyłania. Odcięta każdego dowolnego punktu dowolnej linii wyraża koszt przesyłania 1 kWh w groszach i otrzymuje się przez podzielenie rzędnej tegoż punktu (kosztu eksploatacji linii o danej długości i określonym przekroju) przez ilość przesyłanych kWh, odpowiadającą danej linii pomocniczej.

W polu D znajduje się jedna linia pomocnicza, służąca do obliczania podatku w wysokości około 6% od kosztów przesyłania. Zakładając, że przedsiębiorstwo wytwarzania i przesyła-

nia energii znajduje się w ręku tego samego właściciela, obliczony w ten sposób podatek uzupełnia podatek od kosztów wytwarzania do przybliżonej rzeczywistej normy.

Przy pomocy wyżej opisanego wykresu można znaleźć w polu A, mając daną moc i odległość przesyłania, odpowiedni przy danym napięciu przekrój, następnie, przechodząc na linię pomocniczą dla tegoż przekroju w polu B — odpowiednią rzędną, wyrażającą roczne koszty eksploatacji linii przesyłowej. Wreszcie, idąc dalej, znajdujemy w polu C dla tej samej rzędnej punkt na linii pomocniczej, odpowiadającej ilości przesyłanej energii, a wówczas odcięta tego punktu wskaże nam koszt przesyłania 1 kWh w groszach. Odczytamy go na osi odciętych wspólnej dla pól C i D. Na osi rzędnych w polu D znajdziemy jeszcze odpowiadający danemu kosztowi przesyłania podatek. Obliczony w ten sposób koszt przesyłania energii nie uwzględnia strat przesyłania. Należy je obliczyć procentowo i dodać oddzielnie.

Posuchy i ich wpływ na stosunki hydrologiczne, ze szczególnem uwzględnieniem Polski¹⁾.

Napisał Inż. Alfred Rundo, kierownik Oddziału pomiarów i studjów Centralnego Biura Hydrograficznego

W pracy tej autor podjął próbę zestawienia od czasów najdawniejszych danych o długotrwałych posuchach na terytorjum Polski, łącznie z badaniem ich przebiegu, zasięgu oraz wpływu na stosunki hydrologiczne. Za podstawę badania wymienionego zjawiska w dobie, poprzedzającej okres systematycznych obserwacji meteorologicznych, przyjęto dane, zawarte w zapiskach kronikarzy polskich, częściowo w annałach obcych.

Dla okresu w. XI—XV za najpoważniejsze źródło wymienionych danych posłużyło dzieło historyka XVgo stulecia Długosza p. t. „Joannis Długossii seu Longini Historiae Poloniae Libri XII”, dla opracowania niniejszego tematu tem cenniejsze, że poza datami posuch zawiera dane o wpływie tychże na stan rzek, bagien i t. p. Przy nawiązaniu do dat, dotyczących posuch w krajach ościennych, autor posiłkował się zestawieniem tychże u Hennig'a („Katalog bemerkenswerter Witterungsereignisse von ältesten Zeiten bis zum Jahre 1800”) oraz dla Rusi w pracy Bogolepowa p. t. „O kolebanjach klimata Jewropejskoj Rossii w istoriozeskiju epochu”.

Z notat Długosza i niektórych roczników regionalnych wynika, że silne posuchy (validissima fervida siccitas) nawiedziły kraj w następujących latach: 1081, 1121, 1205, 1263, 1330, 1332, 1361, 1379, 1463, 1473 i w roku następnym, sądząc z tego, że o katastrofalnem wezbraniu Wisły pod Krakowem dn. 24 lipca 1475 r. historyk wzmiankuje: „nundatio quam precesserat ingens triennalis siccitas”.

Za źródło odnośnych danych w wieku XVI, XVII i w pierwszym dziesięcioleciu wieku XVIII posłużyło zestawienie ekstremów meteorologicznych, podane w dziele jezuita Gabriela Rzaczynskiego p. t. „Historia naturalis curiosa Regni Poloniae etc.” (Sandomitriae, 1721), w rozdziale „de vere, aestate, autumno”. Z zestawienia powyższego wynika, że długotrwałe posuchy były obserwowane w Polsce w latach: 1539, 1584, 1653, 1657, 1666, 1706, 1707, 1708, 1718 i 1719.

Jako okres posuszny wymienia lata 1726—1728 Christjan Henryk Erndtel (ius), medyk na dworze króla Stanisława Augusta, w swym opisie: „Varsavia, physice illustrata, sive de Aere, Aquis, Locis et Incolis Varsaviae, etc.” (Dresdae 1730); do posusznych zakwalifikować można z pewnem prawdopodobieństwem, na podstawie danych o temperaturze i ciśnieniu atmosferycznem (Zapiski X. Bystrzyckiego, astronoma nadwornego króla Stanisława Augusta), lato r. 1784, jak również, z uwagi na nader niski stan wód pod Warszawą, rok 1800. Ocena posuszności uzyskuje uzasadnienie głębsze od r. 1803, w związku z roz-

poczęciem w Warszawie systematycznych obserwacji opadowych przez prof. Antoniego Magiera (początkowo z wyłączeniem miesięcy zimowych, od roku 1813 — całorocznych). Na podstawie obserwacji powyższych oraz materiału sieci stacyj opadowych kraju, jako lata wybitnie posuszne dają się wyznaczyć następujące: 1811, 1863, 1886, 1892, 1904, 1911, 1921. Z wymienionej serji wyróżniają się trzy ostatnie lata, w których posuchy wystąpiły jako zjawiska o wielkiem napięciu, rozległym zasięgu oraz głębokim wpływie na stosunki hydrologiczne. Łącznie z cechami wspólnymi dla posuch wymienionych lat, w przebiegu odnośnych zjawisk oraz szczególnie w układzie termicznym (średnia roczna ciepłota, rozkład temperatur miesięcznych, temperatura okresu zimowego, poprzedzającego okres posuchy), na tle którego one wystąpiły, ujawniły się wybitne różnice, nadające każdej z wymienionych posuch charakter odrębny.

Najbardziej szczegółowo przedstawiony jest przebieg posuchy r. 1921, jak również wpływ jej na stosunki hydrologiczne. W tym celu autor podaje badaniu wartości temperatury powietrza, opadów atmosferycznych oraz stanu (wzgl. przepływu) wód nie tylko na obszarze Polski, lecz również i innych krajów Europy (Wielka Brytania, Francja, Włochy, Szwajcaria, Bawaria, Niemcy, półn., Czechosłowacja, Szwecja, Finlandja, Estonia, Łotwa, Rosja europejska), w wyniku czego stwierdza, że:

- 1) posucha, która nawiedziła Polskę w r. 1921, nie była zjawiskiem lokalnem;
- 2) że zasięg powyższego zjawiska nie ograniczył się do obszaru Europy centralnej (jak to m. in. określa prof. Eredia w swem studjum o powyższej posusze²⁾), lecz objął również część Fenoskandji, Polskę oraz terytorjum Rosji europejskiej;
- 3) że posusze powyższej towarzyszył trwały układ wysokiego ciśnienia nie tylko nad Europą centralną, lecz również nad całym obszarem Europy wschodniej i częścią północnej.

W zakończeniu autor podnosi potrzebę prowadzenia badań nad okresowością posuch, w szczególności potrzebę poddania dalszym badaniom hipotezy Maurera³⁾, wiążącej występowanie suchych zim z występowaniem maximów odchyłek wartości sum ciśnienia atmosferycznego w miesiącach zimowych od odnośnych wartości normalnych, hipotezy, której wartość w zastosowaniu do rejonu alpejskiego potwierdzoną została przez prognozę posuchy 1921 r.

²⁾ Eredia Ph. La siccità del 1921. L'opera del Servizio Idrografico nel biennio 1921/22 Min. d. Lav. Publ. Roma 1923.

³⁾ Maurer J. Une périodicité remarquable des hautes pressions atmosphériques dans les Alpes en hiver. (Arch. des Sc. phys. et natur. Vol. 45. 1918, mai).

¹⁾ Streszczenie referatu p. t. „Les sécheresses et leurs effets hydrologiques, particulièrement en Pologne”, zgłoszonego przez Polski Komitet Energetyczny na Zjazd sekcyjny W. K. En. w Barcelonie w r. 1929.