

TR EŚĆ: K. F. Vetulani: W sprawie wybożenia. — Dr. T. Kluz: O budowie dróg powietrznych. (Ciąg dalszy). — Inż. K. Stadtmüller: Nowy układ międzynarodowych słowników technicznych. — Wiadomości z literatury technicznej. — Bibliografia. Nekrologja. — Różne sprawy. — Sprawy Towarzystwa.

K. F. Vetulani (Kraków).

W sprawie wybożenia.

Wszelkie prawa zastrzeżone Konw. Bern. Copyright by the Author 1930.

I.

Problem wybożenia, tak powszechnie znany, pobudza w ostatnich czasach wielu badaczy do prac naukowych i doświadczeń. Powodem tego są — poza interesującą stroną teoretyczną — wielkie katastrofy, które po bliższym zbadaniu wskazywały na wybożenie jako przyczynę odgrywającą przytem wielką rolę (most w Quebec)¹⁾.

Ogólnie też znany jest wzór Eulera:

$$(1) \dots \dots \dots P_E = \pi^2 \frac{EJ}{l^2}$$

podający wielkość siły wybożającej dla pręta na obu końcach przegibnie podpartego.

Doświadczenia ostatnich czasów wykonane przez Kármán'a — częściowo w związku ze wspomnianą katastrofą — wskazują, że wzór postaci (1) może opisywać zjawisko wybożenia także w obszarze, w którym materiał przestaje być sprężysty, jeżeli zamiast modułu Young'a wprowadzi się inny moduł zastępczy. W szczególności podaje Kármán sposób obliczenia takiego modułu T w zależności od dwu modułów E i D charakteryzujących materiał, oraz od postaci przekroju pręta; sposób ten komplikuje obliczenie; — rezultaty obliczeń nasuwają przypuszczenie, że ta komplikacja da się usunąć przez wprowadzenie w miejsce T , modułu D zależnego tylko od właściwości ciała, z którego pręt wykonano. Próby tego rodzaju przedsiębrano²⁾, jednakże sposobu określenia dotyczącego modułu nie uzasadniono w związku z doświadczeniami. Także innego rodzaju badaniom, mającym bliski związek ze sprawą wybożenia poświęcano u nas oddawna wiele uwagi³⁾.

Badania doświadczalne wykazały, że z chwilą, gdy siła — ściskająca osiowo pręt — przekroczy wartość obliczoną z wzoru analogicznego do (1), zaczyna się pojawiać jednostronne regularne wygięcie pręta (któremu idealnie odpowiada polskie słowo: wybożenie), którego wielkość wzrasta szybko ze wzrostem siły ponad wspomnianą wartość.

Wydaje się zatem rzeczą pożyteczną znajomość jakiejś wybitnej (choćby czasem tylko idealnej) postaci, jaką by przyjął pręt gdybyśmy mogli — przynajmniej dla niektórych ciał — zwiększyć wartość siły ściskającej odpowiednio powyżej granicy (1) nie zmieniając przytem znacznie wymiarów poprzecznych. Bliższe zbadanie tej sprawy doprowadziło mnie w sposób dość prosty do rezul-

¹⁾ R. Mayer. „Knickfestigkeit“. Berlin. Springer 1921, str. 407—497.

²⁾ Broszko. „C. R. d. Acc. d. Sc.“ Paris 1928, t. 186, str. 1041—1043; a także str. 1586, podaje wzór:

$$P_{cr} = \pi^2 \frac{\tilde{E}_{cr} J}{(1 - \epsilon_{cr}) l_0^2}$$

³⁾ Kazimierz Obrębowicz inż. „Rozpr. Akad. Umiej.“ Kraków, r. 1885.

Timoszenko-Huber. „Wytrzymałość“. 1922, str. 328—346.

Franciszek Szelański. „Wpływ siły krytycznej“. Dod. do Nr. 55 „Przegl. Technicznego“. Warszawa 1927, str. 60—73.

Inż. Dr. Włodz. Burzyński. „O wybożeniu“. Lwów 1930, „Czas. Techniczne“, str. 64—105.

Leon Karasiński. „Wytrzymałość“. t. 1, wyd. III. Warszawa 1930, str. 295—338.

tatu, że — w zakresie sprężystości przynajmniej — istnieje taka jedna wybitna postać wygięcia, wspólna dla wszystkich przypadków ściskania prętów zapomocą dwu sił równych i przeciwnych przyłożonych do końcowych przekrojów pręta, niezależnie od wielkości początkowej mimośrodowości i niezależnie od kąta, jaki początkowo tworzył kierunek sił ściskających z kierunkiem pierwotnej prostej osi pręta. Postacią tą jest „zgięcie w kabłąk“ czyli takie jednostronne wygięcie osi pręta, przy którym styczne końcowe wygiętej osi stają się prostopadłe do prostej działania sił będącej wówczas zarazem cięciwą zgiętej osi pręta. Jeżeli przez P_V oznaczymy tę wartość siły, przy której może nastąpić zgięcie w kabłąk, to obliczenie wskazuje, że siła Eulerowska (1) nie jest tak znacznie mniejsza od P_V ; dokładnie otrzymuje się:

$$(2) \dots \dots \dots P_E = 0,717,7700 \dots P_V$$

Ponadto okazuje się, że zgięcie w kabłąk można urzeczywistnić przy pewnych, wysokowartościowych zwłaszcza, materiałach używanych do konstrukcji samolotów i balonów sterowych i tu może posłużyć za próbę materiału pod względem jednostajności wewnętrznej oraz faktycznie osiągalnej sprężystości. Kierując się tym ważnym względem obliczyłem główne elementy postaci tego zgięcia, aby przez pomiar doświadczalny wygiętej postaci oraz intensywności siły P_V można było przy znanych wymiarach poprzecznych z podanych wzorów oznaczyć moduł sprężystości, granicę sprężystości oraz stopień jednolitości materiału pręta.

Dla doświadczeń nad wybożeniem szczególnie ważna jest znajomość początkowej postaci regularnego wybożenia, jaka się objawia, gdy intensywność siły P (ściskającej osiowo) zwiększymy nieznacznie ponad wartość P_E tak, że kąt α zawarty między którąkolwiek ze stycznych końcowych, a cięciwą (kierunkiem siły ściskającej) będzie bardzo mały. Wychodząc — odmiennie od Euler'a — ze znanych całek podstawowego równania różniczkowego:

$$(3) \dots \dots \dots \frac{1}{\rho} = - \frac{Py}{EJ}$$

wyrażających się dla dowolnych wartości α przez funkcje eliptyczne — doszedłem, pod założeniem dostatecznie małych wartości α , do wzorów prostych i przejrzystych dających równanie odkształconej postaci osi i wyrażających wartość strzałki wybożenia, jakoteż pochylenie stycznych końcowych w zależności od wartości siły P nieznacznie większych od P_E .

Przy tej sposobności uważałem za odpowiednie udowodnić — inaczej niż to próbowano — że równanie podstawowe (3) nie posiada przy

$$0 \leq P \leq P_E$$

innych całek, oprócz

$$y = 0,$$

któreby spełniały dane warunki brzegowe określone.

Badaniem również sprawę wybożenia (t. zw. „posprężystego“) przy użyciu hipotezy włókna krytycznego (Engesser, Kármán, Broszko) polegającej na tem, że się przyjmuje istnienie w przekroju strefy odciążonej i przeciążonej o dwu różnych modułach E i D ; okazało się przytem, że hipoteza ta prowadzi do pewnej sprzeczności

z utartymi i zwykle używanymi postulatami; jednak przez wprowadzenie innego, nieznacznie uogólnionego postulatu udaje się rzeczywiście sprzeczność ową usunąć i równania analogiczne do (3) lub do uproszczonego Euler'owskiego poprawnie przecałkować, otrzymując rezultaty zasadniczo podobne do znanych.

Nie podaję ich tutaj po pierwsze dlatego, że zajmując nieco więcej miejsca odwróciłyby uwagę od wyników poprzednio wspomnianych, które mi się wydają na razie ważniejsze; po drugie dlatego, że rezultat, jaki się otrzymuje przez odpowiednie uproszczenie schematu przedstawiającego nasze wyobrażenie o własnościach materiału w obszarze posprężystym, a mianowicie przez odrzucenie hipotezy włókna krytycznego i przyjęcie w tym obszarze odpowiedniej stałej wartości na moduł D , — jest nader prosty i zasadniczo zgodny z wynikami nowszych doświadczeń. Z tego powodu przytoczę ten ostatni rezultat rezerwując omówienie hipotezy włókna krytycznego, — mogącej mieć znaczenie także dla prętów niejednorodnych — do innej ewentualnej sposobności.

Porządek szczegółowego przedstawienia powyższych spraw jest odmienny, aby uniknąć powoływania się na to co ma nastąpić.

II.

Pierwszą całkę równania (3) można znaleźć przez rozdzielenie zmiennych i kwadraturę⁴⁾. Kładąc $\frac{dy}{dx} = \tau$ i uważając τ oraz $\frac{d^2y}{dx^2}$ za funkcje zmiennej y zależnej od parametru x otrzymuje się $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d\tau}{dy} \cdot \frac{dy}{dx} = \tau \frac{d\tau}{dy}$. Wstawiając te wartości w znany wzór: $1/\varrho = y''(1+y'^2)^{-3/2}$ i pisząc dla skrótienia:

(4) $B = EJ$

sprowadza się (3) do postaci:

(5) $-\frac{\tau \cdot d\tau}{(1+\tau^2)^{3/2}} = \frac{P}{B} \cdot y \cdot dy$,

z której przez pojedynczą kwadraturę wypada:

(6.1) . . . $\frac{1}{\sqrt{1+\tau^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\tau_1^2}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{P}{B} \cdot (y^2 - y_1^2)$,

gdzie τ_1, y_1 oznaczają pochylenie stycznej względnie rzędną na początku pręta. Obierając początek układu prostokątnego (x, y) w początku osi pręta, oś x skierowaną wzdłuż cięciwy wygiętej osi pręta mamy, dla szczególnego przypadku zgięcia w kabłąk, warunki początkowe (dla $x=0$, — i tak samo końcowe dla $x=l_v$, jeżeli l_v oznacza długość cięciwy wygięcia):

(6.2) $\frac{1}{\sqrt{1+\tau_1^2}} = 0, \quad y_1 = 0.$

Wprowadzając ponadto $\tau = \text{tg } \varphi$, a więc $\frac{1}{\sqrt{1+\tau^2}} = \cos \varphi$ mamy tu $\text{arc}(\text{tg } \tau_1) = \alpha = \frac{\pi}{2}$. Z temi warunkami i oznaczeniami równanie (6.1) przyjmie dla zgięcia w kabłąk, postać:

(7) $2 \cdot \cos \varphi = \frac{P_v}{B} \cdot y^2.$

Strzałkę ugięcia f_v otrzymamy z warunku maximum dla $y = f_v$, a mianowicie $\tau = 0$, więc $\varphi = 0$; dla tych wartości wzór (7) daje:

(8) $f_v = \sqrt{\frac{2B}{P_v}}$.

Używając zamiast y nowej zmiennej:

(9) $\eta = \frac{y}{f_v}$, więc $dy = f_v \cdot d\eta$,

⁴⁾ Porówn.: S. Kępiński. „Równania różniczkowe“. Cz. 1, str. 115—116. Lwów 1907. Bibl. Politechn. XVIII.

można teraz równanie (7) przedstawić we formie:

(10) $\cos \varphi = \eta^2.$

Niech s oznacza długość łuku odkształconej osi pręta od początku aż do dowolnego jej punktu, s_1 całkowitą długość odkształconej osi; ze względu na symetrię będzie wierzchołek tego łuku ($\varphi = 0, y = f_v$) leżał w połowie jego długości ($s = \frac{1}{2}s_1$). Z (10) otrzymuje się:

$\sin \varphi = \sqrt{1-\eta^4}$;

oznaczając zaś przez ds element łuku odkształconej osi mamy tem samem

$ds = \frac{dy}{\sin \varphi} = f_v \cdot \frac{d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}}$,

a stąd:

(11) . . . $s_1 = 2 \cdot f_v \cdot K_1$, gdzie $K_1 = \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}}$.

Celem obliczenia K_1 użyjemy podstawienia:

$\eta = \cos \beta, \quad d\eta = -\sin \beta \cdot d\beta, \quad \sqrt{1-\eta^4} = \sin \beta \cdot \sqrt{1+\cos^2 \beta}$;

wtedy:

$K_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\beta}{\sqrt{1+\cos^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\beta}{\sqrt{1-\frac{1}{2}\sin^2 \beta}}$.

Rozwijając mianownik ostatniej całki według potęgi dwumianu: $(1-u)^{-\frac{1}{2}}$ i całkując wyraz po wyrazie przy pomocy znanych wzorów

$\int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin^{2n} \beta \cdot d\beta = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{8} \dots \frac{2n-1}{2n}$ otrzymuje się:

(12) . . . $K_1 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot G_v$, gdzie $G_v = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{-\frac{1}{2}}{n}^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^n$

to jest wyraźnie

(13) . . . $G_v = 1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \dots \text{in inf.} = 1.180,340,598,97 \dots$

Mając tę liczbę otrzymuje się kolejno z (12), (11), (8):

(14) . . . $f_v = \frac{\sqrt{2}}{\pi G_v} \cdot s_1$; (15) . . . $P_v = G_v^2 \cdot \frac{\pi^2 B}{s_1^2}$.

Oznaczając przez $\max M_v$ największy moment zginający w środku kabłąka: $\max M_v = P_v f_v$, przez A pole normalnego przekroju poprzecznego, przez i ramię bezwładności określone równaniem $A \cdot i^2 = J$, przez e_v względnie e_z odległości włókien skrajnych po wewnętrznej względnie po zewnętrznej stronie łuku od środka statycznego przekroju, a wreszcie przez $\max \sigma_v$ względnie $\min \sigma_v$ wartości skrajnych natężeń normalnych w przekroju niebezpiecznym w środku kabłąka, otrzymuje zgodnie z hipotezą Navier'a:

(16) . . . $\max M_v = G_v \cdot \pi \sqrt{2} \cdot \frac{B}{s_1}$

(17) . . . $\max \left(-\frac{1}{\varrho_v}\right) = \frac{\max M_v}{B} = \frac{G_v \cdot \pi \cdot \sqrt{2}}{s_1}$

(18) . . . $\max_{(min)} \sigma_v = E \left\{ G_v^2 \cdot \pi^2 \left(\frac{i}{s_1}\right)^2 + G_v \cdot \pi \sqrt{2} \cdot \frac{e_v}{s_1} \right\}$.

Szczególnie charakterystyczny wzór otrzymuje się na wielkość Π_v pola zawartego między odkształconą osią pręta, a cięciwą tejże: l_v , w zależności od wielkości strzałki f_v . Mając bowiem

$dx = ds \cdot \cos \varphi = f_v \cdot \frac{\eta^2 \cdot d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}}$

dostaje się:

$$\frac{1}{2} \Pi_v = \int_0^{\frac{1}{2} l_v} y dx = \frac{1}{4} f_v^2 \int_0^1 \frac{d(\eta^4)}{\sqrt{1-\eta^4}},$$

a stąd:

$$(19) \quad \dots \quad \Pi_v = f_v^2 = \frac{2 s_1^2}{\pi^2 G_v^2}$$

Na długość cięciwy otrzymuje się:

$$\frac{1}{2} l_v = \int_0^{\frac{1}{2} l_v} dx = f_v \int_0^1 \frac{\eta^2 \cdot d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = f_v \cdot K_1 - f_v \int_0^1 \frac{(1-\eta^2) d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}},$$

a uwzględniając (11):

$$(20) \quad s_1 - l_v = 2 f_v K_2, \quad \text{gdzie } K_2 = \int_0^1 \frac{(1-\eta^2) d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}}.$$

Postępując celem obliczenia K_2 podobnie jak poprzednio odnośnie do K_1 dostaje się

$$(21) \quad K_2 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^2 \beta \cdot d\beta}{\sqrt{1+\cos^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin^2 \beta \cdot d\beta}{\sqrt{1-\frac{1}{2} \sin^2 \beta}} = \frac{\pi}{4\sqrt{2}} \cdot G_v',$$

gdzie

$$(22) \quad G_v' = 1 + \frac{3}{4} \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \frac{5}{6} \left(\frac{3}{4}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right)^3 + \frac{7}{8} \left(\frac{5}{6} \cdot \frac{3}{4}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right)^4 + \frac{9}{10} \left(\frac{7}{8} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{3}{4}\right)^2 \left(\frac{1}{2}\right)^5 + \dots = 1.280,862,94,3 \dots$$

Mając tę drugą liczbę otrzymuje z (20) uwzględniając (14):

$$(23.1) \quad s_1 - l_v = \frac{1}{2} \cdot \frac{G_v'}{G_v} \cdot s_1, \quad \text{lub} \quad (23.2) \quad l_v = \left(1 - \frac{1}{2} \frac{G_v'}{G_v}\right) s_1,$$

oraz podobnie

$$(24) \quad \frac{f_v}{l_v} = \frac{\sqrt{2}}{\pi G_v \left(1 - \frac{1}{2} \frac{G_v'}{G_v}\right)}$$

Długość s_1 odkształconej osi sprężystego pręta zgiętego w kabłąk różni się nadzwyczaj mało od długości pierwotnej s_0 tejże osi. Jedynie mając na myśli możliwość zastosowania zgięcia w kabłąk, do pewnych mechanizmów wymagających nadzwyczajnej precyzji, a także do pewnych doświadczeń fizycznych, wyprowadzam w dalszym ciągu wzory określające związek między s_1 a s_0 .

Jeżeli N_v oznacza siłę osiową w dowolnym elemencie pręta, posiadającą zatem kierunek stycznej tego elementu, to z warunku równowagi wynika:

$$N_v = P_v \cos \varphi.$$

Niech ds_0 przedstawia pierwotną długość elementu osi pręta, to zgodnie z prawem Hooke'a jest:

$$ds_0 - ds = \frac{N_v}{EA} ds_0$$

to daje, po wstawieniu poprzednio otrzymanych wartości:

$$(25) \quad ds_0 = \frac{ds}{1 - \frac{N_v}{EA}} = f_v \frac{d\eta}{(1 - \lambda^2 \eta^2) \sqrt{1-\eta^4}}, \quad \text{gdzie } \lambda = \pi G_v \cdot \frac{i}{s_1},$$

oraz z natury rzeczy

$$(25.1) \quad \dots \quad 0 < \lambda < 1$$

Całkując wyrażenie na ds_0 w (25) i uwzględniając (14) mamy:

$$(26) \quad s_0 = s_1 \cdot \frac{2\sqrt{2}}{\pi G_v} \int_0^1 \frac{d\eta}{(1 - \lambda^2 \eta^2) \sqrt{1-\eta^4}} = s_1 \cdot \frac{K_3}{K_1},$$

przyczem

$$(27) \quad K_3 = \int_0^1 \frac{d\eta}{(1 - \lambda^2 \eta^2) \sqrt{1-\eta^4}}$$

Celem obliczenia K_3 rozwijamy $(1 - \lambda^2 \eta^2)^{-1}$ według potęgi dwumianu i całkujemy wyraz po wyrazie; należy uwzględnić przytem, że zgodnie z (11) i (20) jest

$$\int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = K_1, \quad \int_0^1 \frac{\eta^2 d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = K_1 - K_2.$$

Ponadto łatwo sprawdzić przez różniczkowanie, że

$$\int \frac{\eta^{2n} \cdot d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = -\frac{\eta^{2n-3} \cdot \sqrt{1-\eta^4}}{2n-1} + \frac{2n-3}{2n-1} \int \frac{\eta^{2n-4} \cdot d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} + \text{const.},$$

skutkiem czego:

$$\begin{aligned} \int_0^1 \frac{\eta^{2n} d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} &= \frac{2n-3}{2n-1} \int_0^1 \frac{\eta^{2n-4} \cdot d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = \\ &= \frac{2n-3}{2n-1} \cdot \frac{2n-7}{2n-5} \int_0^1 \frac{\eta^{2n-8} d\eta}{\sqrt{1-\eta^4}} = \text{i t. d.} \end{aligned}$$

Tym sposobem wszystkie całki rozwinięcia K_3 sprowadza się kolejno naprzemian do $K_1 - K_2$ oraz K_1 i otrzymuje się ostatecznie

$$(28) \quad \frac{s_0}{i} = \frac{s_1}{i} + \pi G_v \cdot \lambda \left\{ \left(1 - \frac{1}{2} \frac{G_v'}{G_v}\right) S_2 + \frac{1}{3} \lambda^2 S_1 \right\},$$

gdzie

$$(28.1) \quad S_2 = 1 + \frac{3}{5} \lambda^4 + \frac{3}{5} \cdot \frac{7}{9} \lambda^8 + \frac{3}{5} \cdot \frac{7}{9} \cdot \frac{11}{13} \lambda^{12} + \dots$$

$$(28.2) \quad S_1 = 1 + \frac{5}{7} \lambda^4 + \frac{5}{7} \cdot \frac{9}{11} \lambda^8 + \frac{5}{7} \cdot \frac{9}{11} \cdot \frac{13}{15} \lambda^{12} + \dots$$

więc

$$(28.3) \quad 1 + \frac{3}{5} \lambda^4 < S_2 < \frac{1}{1-\lambda^4}; \quad 1 + \frac{5}{7} \lambda^4 < S_1 < \frac{1}{1-\lambda^4};$$

skoro $0 < \lambda < 1$.

Z reguły wystarczy w (28) zatrzymać jedynie wyraz zawierający λ przyjmując równocześnie $S_2 \approx 1$; przy stosunkowo bardzo dokładnych obliczeniach przyjmując $S_2 \approx 1$, $S_1 \approx 1$ pomijamy wyrazy zawierające λ^5 i wyższe potęgi λ .

Aby sobie zdać sprawę z małości λ i dać konkretny punkt zaczepienia dla wyobrażeń, weźmiemy pod uwagę szczególnie przypadki przekroju pręta: prostokąt i koło, — oraz materiały technikum dobrze znane i zbadane; żelazo zlewne i najlepszą stal specjalną.

Wzory otrzymane — zgodnie ze założeniami — są ważne w rzeczywistości tak długo, jak długo natężenia w pręcie stosują się z wystarczającym przybliżeniem do prawa Hooke'a. Oznaczmy ten górny kraniec wartości natężeń przez p a przynależne mu odkształcenie jednostkowe przez ε_p to mamy:

$$(29) \quad \dots \quad \varepsilon_p = \frac{p}{E},$$

a warunek ważności wyrazi się w następujący sposób:

$$(30) \quad \dots \quad \max \sigma_v \leq p \quad \text{czyli} \quad \frac{\max \sigma_v}{E} \leq \varepsilon_p.$$

Wprowadzając największą wartość (30) $\max \sigma_v$ w równanie (18) i oznaczając odpowiednie maximum λ (25) przez λ^* otrzyma się z (18) równanie na wyznaczenie tego λ^* , jeżeli się dla danego kształtu przekroju wyrazi $\frac{e}{s_1}$ w zależności od $\frac{i}{s_1}$ a więc od λ .

Dla prostokąta mamy

$$J = \frac{bh^3}{12}, \quad A = bh, \quad i = \frac{h}{2\sqrt{3}}, \quad e_v = e_w = \frac{h}{2} = i\sqrt{3};$$

przy tych wartościach otrzymuje się z (18):

$$\varepsilon_p = \lambda_{\square}^{*2} + \sqrt{6} \cdot \lambda_{\square}^*,$$

a stąd maximum λ :

*

(31) . . . $\lambda_{\square}^* = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2}{3} \varepsilon_p} - 1 \right)$

albo inaczej:

(31.1) $\lambda_{\square}^* = \frac{\varepsilon_p}{\sqrt{6}} \left\{ 1 - \frac{1}{6} \varepsilon_p + \frac{1}{18} \varepsilon_p^2 - \frac{5}{216} \varepsilon_p^3 + \dots \right\}$

Dla koła mamy:

$J = \pi \frac{\phi^4}{64}, A = \pi \frac{\phi^2}{4}, i = \frac{\phi}{4}, e_w = e_z = \frac{\phi}{2} = 2i.$

$\varepsilon_p = \lambda_{\phi}^{*2} + 2\sqrt{2} \cdot \lambda_{\phi}^*$

(32) . . . $\lambda_{\phi}^* = \sqrt{2} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{1}{2} \varepsilon_p} - 1 \right),$

(32.1) . . . $\lambda_{\phi}^* = \frac{\varepsilon_p}{2\sqrt{2}} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{8} \varepsilon_p + \frac{1}{32} \varepsilon_p^2 - \frac{5}{512} \varepsilon_p^3 + \dots \right\}$

Uwzględniając dane doświadczalne można dla żelaza zlewne⁵⁾ przyjąć:

$\varepsilon_{p,z} = \infty \frac{1}{1000},$

a wtedy wypada:

(33) . . . $\lambda_{\square,z}^* = \infty \frac{1}{2500}, \lambda_{\phi,z}^* = \infty \frac{1}{2800}.$

| Liczby | * * | Logarytmy |
|-------------------------|--|----------------|
| * | G_v | 0.072,0074 |
| 3.708,1496 | πG_v | 0.569,1572 |
| 13.750,372 ₆ | $\pi^2 G_v^2$ | 1.138,3144 |
| 50.988,434 ₁ | $\pi^3 G_v^3$ | 1.707,4717 |
| 189.072,72 ₂ | $\pi^4 G_v^4$ | 2.276,6289 |
| 0.381,3799 | $\frac{\sqrt{2}}{\pi G_v}$ | 0.581,3578 - 1 |
| 5.244,1162 | $\pi G_v \sqrt{2}$ | 0.719,6722 |
| 0.145,4506 ₂ | $\frac{2}{\pi^2 G_v^2}$ | 0.162,7156 - 1 |
| * | G'_v | 0.107,5026 |
| 0.542,5819 | $\frac{1}{2} \cdot \frac{G'_v}{G_v}$ | 0.734,4653 - 1 |
| 0.457,4181 | $1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{G'_v}{G_v}$ | 0.660,3133 - 1 |
| 1.696,1743 | $\pi G_v \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{G'_v}{G_v} \right)$ | 0.229,4705 |
| 0.833,7666 | $\frac{\sqrt{2}}{\pi G_v \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{G'_v}{G_v} \right)}$ | 0.921,0445 - 1 |
| 6.289,6681 | $\pi^2 G_v^2 \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{G'_v}{G_v} \right)$ | 0.798,6277 |

⁵⁾ C. Bach-Baumann: „Festigkeitseig.“ wyd. 2, Berlin, Springer 1921, str. 1, 2, str. 6, 6. P. Ludwik: „Technol. Mech.“ Berlin, Springer 1909. Tab. III. Fig. 2, 3.

Na podobnej podstawie można dla specjalnych stali⁶⁾ przyjąć:

$\varepsilon_{p,ss} = \infty \frac{1}{560},$

a stąd:

(34) . . . $\lambda_{\square,ss}^* = \infty \frac{1}{1370}, \lambda_{\phi,ss}^* = \infty \frac{1}{1580}.$

Tak np. dla linealu stalowego⁷⁾ o grubości równej $\frac{1}{2}$ milimetra otrzymuje się najmniejszą bezpieczną długość równą okrągło $\frac{3}{4}$ metra, podczas gdy dla żelaza zlewne⁵⁾ długość ta wypada niespełna 2 razy większa.

Nasuwa się uzasadnione przypuszczenie, że dla innych technicznie ważnych materiałów (kauczuk, celluloid, bambus, duralumin itp.) otrzymać można zgoła inne wartości na λ^* ; brak dostatecznych danych nie zezwala ująć tych przypuszczeń w cyfry. W każdym jednak razie — jak to z przedstawionych wywodów widać — porównawcze dane z doświadczeń nad zgięciem w kabłąk mogą w stosunkowo prosty sposób dostarczyć cennych podstaw do oszacowania własności sprężystych różnych ciał.

Aby w każdym wypadku ułatwić użycie wyprowadzonych wzorów, obliczyłem wartości liczbowe, oraz logarytmy dziesiętne współczynników w nich występujących, których zestawienie daje poniższa tabela.

III.

W ogólniejszym przypadku zgięcia pręta zapomożą dwu sił równych i przeciwnych zaczepiających na końcach osi pręta, otrzymuje się na podstawie jednego z warunków, aby te końce leżały na prostej działania siły, a mianowicie, aby było dla $\alpha=0$ ($s=0$):

(35) $\tau = \tau_1; \varphi = \alpha; y = y_1 = 0,$

równanie (6.1) w postaci:

(35.1) . . . $\frac{1}{\sqrt{1+\tau^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+\tau_1^2}} = \frac{1}{2} \frac{P}{B} \cdot y^2.$

Równanie powyższe przedstawia formalnie pierwszą całkę równania (3) przy obranych warunkach. Zachodzi jednak pytanie czy przy danem $\frac{P}{B}$, a więc i P (gdyż B jest zasadniczo większą od zera stałą) także faktycznie dopuszczalny jest warunek $\tau_1 \neq 0$ ($0 < \alpha < \pi$) a raczej, czy wtedy całka y nie równa identycznie zeru istnieje. Pytanie to można odwrócić w ten sposób: znaleźć warunek, jaki musi spełniać $\frac{P}{B}$, a więc P , aby istniała całka y nierówna identycznie zeru i spełniała żądanie $0 < \alpha < \pi$ przy $y_1 = 0$.

Stawiając sprawę w ten odwrotny sposób, przypuścmy, że P spełnia ów nieznaną jeszcze warunek i że wobec tego istnieje całka ogólna y , oraz, że mamy na początku ($x=0$): $\varphi_1 = \alpha, y_1 = 0$. Niech f oznacza maximum (czy też minimum) dla y ; wówczas musi zachodzić równocześnie: $y' = \tau = 0, y = f$; wstawiając te wartości w (35.1) otrzymuje się:

(37) . . . $\frac{1}{2} \frac{P}{B} \cdot f^2 = 1 - \frac{1}{\sqrt{1+\tau_1^2}}.$

Jeżeli tedy istnieje funkcja ciągła y posiadająca ciągłą styczną τ , to z określenia wielkości f jako ekstremum wynika:

(38) $0 = y_1^2 \leq y^2 \leq f^2,$

lecz (37) daje przy każdej skończonej, różnej od zera, wartości $\frac{P}{B}$:

(38.1) dla $\tau_1 = 0, f^2 = 0,$

⁶⁾ j. w. i Bach-Baumann loc. cit. str. 59. Fig. 307.

⁷⁾ M. T. Huber: Studja nad belkami „I“. Warsz. Tow. Polit. tom. 2, 1923. Str. 135.

a zatem, jeżeli poszukiwana całka ogólna y ma istnieć, to z konieczności musi być: $\tau_1 \neq 0$ ($0 < \alpha < \pi$).

Celem dalszego zbadania przekształcimy równanie (36.1); znane formuły goniometryczne dają $\tau = \operatorname{tg} \varphi$:

$$\frac{1}{\sqrt{1+\tau^2}} = \cos \varphi = 1 - 2 \sin^2 \left(\frac{1}{2} \varphi \right),$$

poza to jak wiadomo:

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{d\varphi}{ds},$$

a więc na podstawie (3) i (4):

$$\frac{P}{B} \cdot y^2 = \frac{B}{P} \cdot \left(\frac{P}{B} \cdot y \right)^2 = \frac{B}{P} \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2;$$

wprowadźmy ponadto nową zmienną ξ :

$$\xi = s \sqrt{\frac{P}{B}}, \quad \sqrt{\frac{P}{B}} \cdot ds = d\xi,$$

to uwzględniając powyższe związki otrzymamy (36.1) w postaci:

$$(39) \quad \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2} = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{d\varphi}{d\xi} \right)^2.$$

Jeżeli dla początku pręta ($x=0$, $\varphi=\alpha$) obierzemy: $s=0$, to wyciągając pierwiastek i dzieląc zmienną otrzymamy z (39) przez pojedynczą kwadraturę:

$$(40) \quad \xi = s \sqrt{\frac{P}{B}} = - \int_{\alpha}^{\varphi} \frac{d(\frac{1}{2}\varphi)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}},$$

znak ujemny pochodzi stąd, że gdy ξ , (s) rośnie od zera, φ maleje od wartości α ze wzrostem s ; przy wyciąganiu pierwiastka w (39) należało zatem napisać: $\frac{1}{2} \frac{d\varphi}{d\xi} = -\sqrt{\dots}$

Z równania (3) wynika, że wszędzie tam, gdzie krzywa y przecina kierunek siły P (a więc dla każdego $y=0$), ma ona punkt przecięcia ($\frac{1}{\varrho} = 0$); równanie zaś (36.1) da na pochylenie stycznej τ_0 w każdym punkcie τ_0 w każdym punkcie tego rodzaju: $\tau_0^2 = \tau_1^2$, a więc $\tau_0 = \pm \tau_1$, inaczej $\varphi_0 = \pm \alpha$. Niech α_2 oznacza kąt nachylenia stycznej w najbliższym początkowi punkcie przegięcia, to, gdy y jest krzywą ciągłą, musi być $\alpha_2 = -\alpha$, $\tau_2 = -\tau_1$; jeżeli ponadto y ma styczną ciągłą, to między wartościami φ równymi α i $-\alpha$ musi φ przybierać wartość: 0, a więc y musi między dwoma wartościami ($y=0$) przechodzić przez ekstremum równe f (37).

Niech s_1 oznacza całą długość odkształconej osi pręta między sąsiednimi punktami przegięcia, to z (40) mamy:

$$(41) \quad \xi_1 = s_1 \sqrt{\frac{P}{B}} = - \int_{\alpha}^{-\alpha} \frac{d(\frac{1}{2}\varphi)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}}$$

Że prawdą jest równość:

$$(42) \quad \int_{\alpha}^0 \frac{d(\frac{1}{2}\varphi)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}} = \int_0^{-\alpha} \frac{d(\frac{1}{2}\varphi)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}}$$

wynika stąd, że mianownik w obu całkach przybiera te same wartości na drodze całkowania, a oprócz tego kierunek obu całkowań jest ten sam (ujemny). Oznaczając więc:

$$(43) \quad K = \int_0^{\alpha} \frac{d(\frac{1}{2}\varphi)}{\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}}}$$

otrzymujemy z (41) na podstawie przedostatniej równości:

$$(44) \quad \xi_1 = s_1 \sqrt{\frac{P}{B}} = 2K,$$

a ponadto jako wniosek z (42) z uwzględnieniem (37) wynika, że y osiąga maximum f dla $s = \frac{1}{2} s_1$, a więc w środku między punktami przecięcia.

(44) daje warunek wiążący dla P w postaci:

$$(45) \quad P = (2K)^2 \frac{B}{s_1^2}$$

zupełnie podobnej do (1).

Chcąc wykazać, że z (45) można istotnie otrzymać oczekiwane ograniczenie z dołu dla P należy teraz udowodnić, że K jest nie mniejsze od określonej wartości, gdy $0 < \alpha < \pi$. W tym celu przekształcimy całkę (43) na całkę o granicach stałych; ponieważ w interwale całkowania:

$$0 < \frac{\sin^2 \frac{\varphi}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} < 1,$$

więc użyjemy podstawienia:

$$(46) \quad \frac{\sin^2 \frac{\varphi}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} = \sin^2 \beta, \quad \text{stad: } \cos \frac{\varphi}{2} = \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \sin^2 \beta},$$

$$\cos \frac{\varphi}{2} \cdot d(\frac{1}{2}\varphi) = \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \beta \cdot d\beta,$$

$$\sqrt{\sin^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\varphi}{2}} = \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \beta;$$

wówczas, gdy φ zmierza od 0 do α , to β zmierza od 0 do $\frac{\pi}{2}$, a zatem po wprowadzeniu podstawienia (46) całka

(43) przyjmie znaną normalną postać:

$$(47) \quad K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\alpha \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \cdot \sin^2 \beta}}.$$

Z kształtu mianownika w (47) wynika, że K osiąga istotnie najmniejszą wartość, gdy α zmierza do zera; mamy mianowicie wyrażnie:

$$(48) \quad \min K = \lim_{\alpha \rightarrow 0} K = \frac{\pi}{2},$$

$$(49) \quad \text{gdyż } K > \frac{\pi}{2} \text{ dla } 0 < \alpha < \pi.$$

Uwzględniając to w (45), oraz przypominając sobie wniosek z (38), (38.1) otrzymujemy ostatecznie szukany warunek, aby równanie (3) mogło posiadać poszukiwaną całkę, w postaci:

$$(50) \quad P > \min P = \pi^2 \frac{B}{s_1^2}.$$

Najmniejszą wartość osiągnie $\min P$ według (50) wówczas gdy długość osi pręta między sąsiednimi punktami przegięcia będzie możliwie największa; to zaś zajdzie wtedy, gdy s_1 będzie całkowitą długością wygiętej osi pręta⁸⁾. Praktyczna równowartość $\min P$ (50) z wartością otrzymaną przez Euler'a (1) nie wymaga dalszego uzasadnienia ($s_1 \sim l$), jakkolwiek tutaj otrzymane wzory (45) (37) zezwalają przy $P > \min P$ na oznaczenie zupełnie określonych wartości f (porówn. ust. II).

IV.

Wzory (45) (47) wskazują, że dla wartości α dostatecznie bliskich zera odpowiednia wartość P będzie niewiele przewyższać $\min P$ określone przez (50).

⁸⁾ Wartość s_1 odpowiadającą $\min P$ wyróżniono w późniejszych rozważaniach jako s_1^* wzgl. s_D^* .

Rozwijając mianownik prawej strony (47) na szereg i zatrzymując się dla małych wartości $\sin^2 \frac{\alpha}{2}$ na drugim wyrazie dostajemy:

$$(51) \quad \bar{K} = \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right),$$

a wstawiając to w (45) i rozwiązując otrzymane tak równanie ze względu na $\sin \frac{\alpha}{2}$:

$$(53) \quad \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \sqrt{\frac{s_1}{\pi} \sqrt{\frac{P}{B}} - 1},$$

gdzie \bar{P} oznacza wartość siły nieco większą od $\min P$, a $\bar{\alpha}$ odpowiednią wartość α .

Wzór (37) można napisać, używając oznaczeń wprowadzonych już w poprzednim ustępie, w postaci:

$$(37.1) \quad f = 2 \sqrt{\frac{B}{P}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2},$$

wstawiając zaś w ten ostatni wzór wartość (53) otrzymuje się wartość \bar{f} odpowiadającą wartościom $\bar{\alpha}$ i \bar{P} :

$$(54) \quad \bar{f} = 4 \cdot \sqrt{\frac{s_1}{\pi} \sqrt{\frac{B}{P}} - \frac{B}{P}}.$$

Opierając się na ogólnie znanym uproszczonym Eulerowskim równaniu odkształconej osi pręta ($y = f \sin \frac{\pi x}{l}$), w którym strzałka f wypada nieokreślona, można teraz odpowiednio do otrzymanego wyniku (54) napisać równanie odkształconej osi pręta, gdy siła P niewiele przekracza $\min P$, w postaci zupełnie określonej:

$$(55) \quad \bar{y} = 4 \cdot \sqrt{\frac{s_1}{\pi} \sqrt{\frac{B}{P}} - \frac{B}{P}} \cdot \sin \frac{\pi s}{s_1},$$

która spełnia warunki brzegowe $y_1 = 0$ dla $s = 0$, oraz $y_2 = 0$ dla $s = s_1$, sprowadza się identycznie do zera, gdy $P \rightarrow \min P$, zgodnie z twierdzeniem podstawowym udowodnionym w ustępie III, dając wartość największego wygięcia \bar{f} , oraz pochylenie stycznych podporowych $\tau_1(\alpha)$ z przybliżeniem odpowiadającym wzorowi (51).

Ostatni rezultat (55) można także otrzymać wychodząc z rozwiązania równania różniczkowego (3), ważnego dla dowolnych α , którym jest:

$$y = -2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{\frac{B}{P}} \cdot \operatorname{cn}(\xi + K)^2$$

i uwzględniając, że gdy $\alpha \rightarrow 0$, $\sqrt{\frac{P}{B}} \rightarrow \frac{\pi}{s_1}$, to równocześnie:

$$K \rightarrow \frac{\pi}{2}, \quad -\operatorname{cn}(\xi + K) \rightarrow -\cos\left(\xi + \frac{\pi}{2}\right) \rightarrow \sin \xi \rightarrow \sin \frac{\pi s}{s_1},$$

oraz wyrażając $\sin \frac{\alpha}{2}$ we funkcji P , jak to uczyniono poprzednio (53).

Wzory (53), (54), (55) pozwalają z obserwacji wygięcia pręta po nieznacznym przekroczeniu wartości siły: $\min P$ obliczyć odpowiedni moduł E występujący w tych wzorach w B .

Gdy siła ma wartość $\min P$ to oś jednorodnego pręta pozostaje jeszcze zasadniczo prosta; jeżeli wówczas jej długość wynosi s^*_1 , przez l_0 oznaczając pierwotną długość

⁹⁾ A. E. H. Love: „Elasticity“. Wyd. niem. Teubner. 1907. §. 263. Str. 464. (12). Symbol $\operatorname{cn} \xi$ (czyt.: cosinus amplitudae ξ) oznacza znaną funkcję eliptyczną Jacobi'ego. Vide: Ś. Kępiński loc. cit. część II., str. 184–187. Jahnke-Emde. Funktionentafeln. Taubner. 1909, str. 46... H. Durège-Mauer: Ellipt. Funkt. Teubner. 1909. Str. 40–47, str. 224–230.

pręta, to mamy wówczas: $s^*_1 = l_0 \left(1 - \frac{\min P}{EA} \right)$; wstawiając tu teraz wartość: $\min P = \pi^2 \frac{B}{s_1^2}$ otrzymuje się na wyznaczenie s^*_1 równanie:

$$(56) \quad s^*_1 = l_0 \left(1 - \frac{\pi^2 l_0^2}{s_1^2} \right),$$

które w praktyce — gdy $\frac{\min P}{EA}$ jest z reguły małym wobec jedności ułamkiem — rozwiązuje się najprędzej metodą kolejnych przybliżeń¹⁰⁾ startując z pierwszą wartością przybliżoną \underline{s}_1 :

$$\underline{s}_1 = l_0 \left(1 - \frac{\pi^2 l_0^2}{l_0^2} \right)$$

i obliczając następnie drugie przybliżenie $\underline{\underline{s}}_1$:

$$\underline{\underline{s}}_1 = l_0 \left(1 - \frac{\pi^2 l_0^2}{\underline{s}_1^2} \right)$$

i dalsze w razie potrzeby. (Dla $\frac{\pi l_0}{l} = \frac{1}{10}$ drugie przybliżenie pokrywa się już z dokładnością normalnego suwaka logarytmicznego).

V.

Aby wywołać właściwe wyboczenie to jest regularne wygięcie — choćby najmniejsze musimy zwiększyć intensywność siły P nieco ponad wartość: $\min P$. Jeżeli nam chodzi o zbadanie stadium początkowego, a raczej samych warunków powstawania wyboczenia, zależnie od odkształcalności ciała, to nasuwa się założenie, że podczas stadium początkowego, skutkiem wzrostu siły od: $(\min P - d_1 P)$ aż do $P + d_2 P$ pomimo znikomego wygięcia, wszystkie włókna pręta ulegną ostatecznie dalszemu, choć niejednakowemu — skróceniu, a natężeniu wzrosną.

Przyjmując to założenie wypada — dla tego stadium początkowego — odrzucić hipotezę włókna krytycznego (o której wspomniałem w ustępie I) jako wprost przeciwną temu założeniu. Sprawa ta ma znaczenie tylko w obszarze t. zw. „posprężystym“, który oznaczymy krótko przez (D) .

Ażeby dojść do rezultatów przejrzystych należy w jak najprostszym sposobie zeschematyzować te istotne właściwości ciała, o które przytem chodzi.

Ze względu na ogromne znaczenie techniczne, jakoteż na nader charakterystyczne i znane właściwości fizyczne, będę miał tu głównie przed oczyma żelazo zlewne, zwłaszcza że wiele innych ciał zezwala na ujęcie dotyczących cech — w przybliżeniu — zasadniczo tym samym schematem.

W szczególności związek między natężeniem (normalnym σ^{11}), a przynależnym mu odkształceniem jednostkowym ε przyjmujemy, w zasadzie, według schematu rys. 1¹²⁾.

Zależność tedy między dotyczącymi wartościami ε i σ wyrazi się w obszarze (D) wzorem:

$$(57) \quad \varepsilon = \varepsilon_p + \frac{\sigma - p}{D}, \quad \text{gdzie } \varepsilon > \varepsilon_p, \sigma > p, 0 < D < E, \varepsilon_p = \frac{p}{E},$$

który można także napisać w postaci równowartej:

¹⁰⁾ Porówn. M. Thullie: „Statyka budowli“. Lwów.

¹¹⁾ Porówn. P. Ludwik: „Technol. Mech.“ El. Berlin. Springer 1909. Str. 16–31. Tabl. III, oraz I.

¹²⁾ M. Thullie: „Neue Versuche“. Z. ö. I. u. A. V. Wissen 1902. Nr. 50.

M. Thullie: „Monierplatte“. Z. ö. I. u. A. V. Wissen 1897. Nr. 13.

M. Thullie: „Teorja żelbetu“. Lwów 1915. Bibl. Politechn. XXXI. str. 52.

R. Ekwall: „Ber. v. Eisenbetonkonstr.“. Stockholm-Upsala. 1916. Sv. Teknol. för. Förlag. Str. 38–39, str. 46–47. Pl. 1.

(57.1) . . . $\varepsilon = -\frac{p}{A} + \frac{\sigma}{D}$, kładąc $\frac{1}{A} = \frac{1}{D} - \frac{1}{E}$,

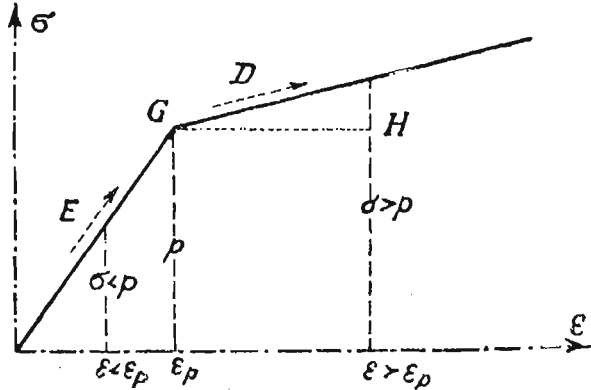
lub też w postaci odwrotnej:

(57.2) $\sigma = (E-D) \cdot \varepsilon_p + D \cdot \varepsilon$.

Jeżeli z oznacza odstęp rozważanego włókna od środka przekroju S mierzony dodatnio w kierunku środka krzywizny, to hipoteza linowego rozkładu odkształceń w przekroju daje związek:

(58) $\varepsilon = \varepsilon_0 + t \cdot z$,

gdzie $t = \frac{d\varepsilon}{dz} = -\frac{1}{\rho}$ jest parametrem zależnym wyłącznie od położenia rozważanego przekroju wzdłuż osi pręta a ε_0 odkształceniem jednostkowym włókna tejże osi.



Rys. 1.

Gdy wyboczenie rozpoczyna się przy wartości $\min P > p \cdot A$, to zgodnie ze założeniem przyjętym na początku tego ustępu, — oznaczając przez σ_m, σ_w natężenia we włóknach skrajnych i obierając je tak, aby było:

(59) $\sigma_m < \sigma_o < \sigma_w$, mamy:
 $p < \sigma_m < \sigma_o < \sigma_w$.

Skutkiem (58) i (57.2) rozkład natężeń w przekroju będzie również linowy:

$\sigma = \sigma_o + H \cdot t \cdot z$,

a ponieważ $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \frac{d\sigma}{dz} \cdot \frac{dz}{d\varepsilon} = H$, oraz według schematu i (57.2) $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = D$, więc będziemy mieć $H = D$, zatem:

(60) $\sigma = \sigma_o + D \cdot t \cdot z$,

gdzie, jak widać, σ_o oznacza natężenie w osi ($z=0$) t. j. według (59) i (57.2) wyraźnie $\sigma_o = (E-D) \varepsilon_p + D \varepsilon_0$.

Na początku wyboczenia warunki równowagi dają:

(61) $\int_A \sigma dA = \int_A \sigma_o dA = \sigma_o A = \bar{P}$
 $\int_A z \sigma dA = D \cdot t \cdot \int_A z^2 dA = t \cdot DJ = \bar{M} = \bar{P} \cdot y$,

a stąd parametr t :

(62) $t = \frac{\bar{M}}{DJ}$.

Euler'owskim równaniem różniczkowym gięcia będzie więc tutaj:

(63) $\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{\bar{P} \cdot y}{DJ}$.

Daje ono na $\min P$ w obszarze (D) wartość analogiczną do (1), a mianowicie:

(64) $P_D = \pi^2 \frac{DJ}{l^2}$.

Postępując, jak w ustępach III. i IV. otrzymamy według (50), (51), (45):

(50. D) $\min P_D = \pi^2 \frac{DJ}{s_D^2}$, (45. D) $\bar{P} = (2\bar{K})^2 \frac{DJ}{s_D^2}$.

Wzory tedy (53), (54), (55) ustępu IV. można stosować w obszarze (D) z tą zmianą, że zamiast $B = EJ$ (4) należy teraz wstawić:

(55) $B_D = DJ$.

Rozumując podobnie jak w ustępie IV. otrzymamy — w miejsce wzoru (56) — obecnie, w obszarze (D), na podstawie (57.1), dla wyznaczenia długości (jeszcze prostej): s_D^* pręta — w chwili gdy siła ma wartość: $\min P_D$ — wzór

(56. D) $s_D^* = l_0 \left(1 + \frac{p}{A} - \frac{\pi^2 i^2}{s_D^{*2}} \right)$

Ujęcie teoretyczne tu przedstawione może być zatem łatwo doświadczalnie zbadane, przyczem można ustalić najodpowiedniejsze wartości p i D .

Natężenia otrzyma się z (60) po wstawieniu wartości na t z (62).

VI.

Wzory postaci (1) i (64)¹³⁾, które można oprzeć na zrozumiałych i nie sprzecznych założeniach przy pomocy poprawnych wywodów teoretycznych, przez swoją elementarną prostotę mają wartość jako formuły do obliczania słupów w praktyce. Można wykazać — w sposób dostateczny dla takiego celu — że są one zgodne zasadniczo z wynikami nowszych wzorowych doświadczeń.

Oznaczając przez $\varepsilon_E, \varepsilon_D$ odkształcenie jednostkowe osi pręta wywołane siłą $\min P$ w obszarze (E) względnie w obszarze (D) mamy według (56), (56 D), (57.1):

(66. E) $\varepsilon_E = \frac{\pi^2 i^2}{s_E^{*2}}$

(66. D) $\varepsilon_D = -\frac{p}{A} + \frac{\pi^2 i^2}{s_D^{*2}}$;

wielkość tedy kształtu $\frac{\pi^2 i^2}{s^{*2}}$ ma w każdym razie wyraźny charakter fizyczny odkształcenia i może być z pomiaru wyznaczona.

Oznaczając natężenia „wyboczące“ przez σ_E względnie σ_D jako określone wzorami:

(67) $\sigma_E = \frac{P_E}{A}, \sigma_D = \frac{P_D}{A}$

i pisząc odpowiednio do znaczenia fizycznego poprostu ($s^* \sim l$) ze względu na cel o który tu chodzi

(66.1) $\varepsilon^* = \frac{\pi^2 i^2}{l^2}$

otrzymamy wzory typu (1) (64) w postaci nader charakterystycznej, jako równania prostych przez początek układu kartezjańskiego (σ, ε^*), a mianowicie:

(68) $\sigma_E = E \cdot \varepsilon^*$, (69) $\sigma_D = D \cdot \varepsilon^*$

z rozgraniczeniem ważności:

$\sigma_E < p, \sigma_D > p$

odpowiednio do przyjętego przez rys. 1 schematu.

Zwykle używana t. zw. „smukłość“: $\frac{l}{i} = \frac{\pi}{\sqrt{\varepsilon^*}}$, posiadająca wyłącznie geometryczny charakter, komplikuje dyskusję związków (68) (69). Aby nie komplikować zbytnio dotyczących rozważań, a jednak dostać obraz zmienności zasadniczo pokrewny używanemu, wprowadzimy tu w miejsce ε^* jego odwrotność:

$\zeta = \frac{1}{\varepsilon^*}$

otrzymując tym sposobem w miejsce (68) (69):

(68.1) $\sigma_E \cdot \zeta = E$; (69.1) $\sigma_D \cdot \zeta = D$

¹³⁾ Por. M. Thullie. „Teoria żelbetu“. loc. cit. str. 136.

a więc zamiast prostych: hyperbole równoboczne w układzie prostokątnym (σ, ζ) .

Przedewszystkiem zaznaczamy, że te hyperbole, mając osie układu za wspólne asymptoty, nie mogą przy $D \neq E$ posiadać żadnych punktów wspólnych w skończoności. (Odnosi się to do wszystkich wzorów Euler'owskiego typu teoretycznie udowodnionych).

Chcąc aby pierwsza z nich obowiązywała dla $\sigma < p$, druga dla $\sigma > p$, otrzymamy, kładąc w (68·1) (69·1): $\sigma = p$, dwie graniczne wartości ζ :

$$(70) \dots \zeta_{p,D} = \frac{D}{p} < \zeta_{p,E} = \frac{E}{p},$$

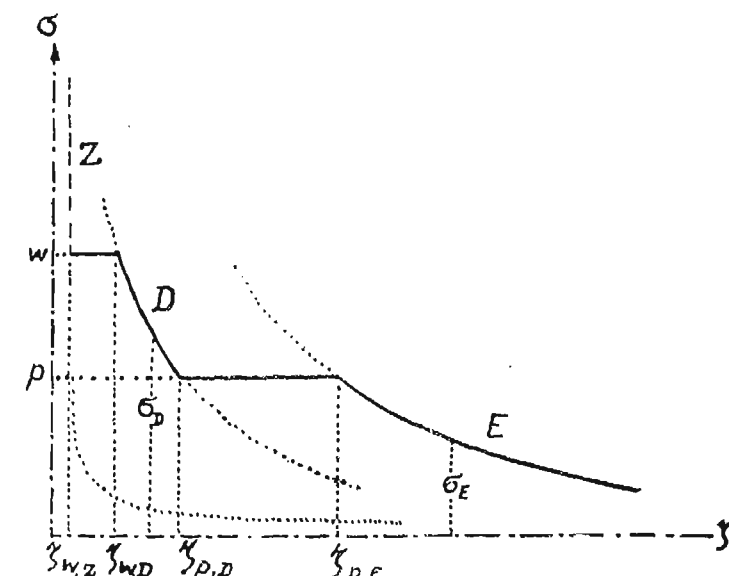
skutkiem czego — w braku innej dostatecznej racji — musi się wszystkim $\zeta_{(p)}$ spełniającym relację:

$$(70·1) \dots \zeta_{p,D} \leq \zeta_{(p)} \leq \zeta_{p,E}$$

przyznać jedną i tą samą wartość natężenia wyboczającego, a mianowicie:

$$(70·2) \dots p.$$

Interwał (70) dający charakterystyczny stopień we wykresie $[\sigma, \zeta]$ rys. 2 jest konsekwencją¹⁴⁾ nieciągłości istotnej — tak wybitnie zaznaczającej się u żelaza zlewonego — a scharakteryzowanej punktem G przyjętego schematu (rys. 1).



Rys. 2.

Silą faktów nasuwa się konieczność ograniczenia z góry wartości natężenia wyboczającego.

¹⁴⁾ Hyperbole rys. 2 można z łatwością doprowadzić do przecięcia w dowolnym punkcie obranym na jednej z nich przez proste przesunięcie drugiej w kierunku którejkolwiek z osi współrzędnych. Niech q będzie takim przesunięciem hyperboli (D) w kierunku osi σ , a żądanym punktem przecięcia punkt: $\sigma_E = p, \zeta = \zeta_{p,E}$; wówczas na oznaczenie q mamy równanie $(p - q) \zeta_{p,E} = D$, gdzie $\zeta_{p,E} = \frac{E}{p}$;

to daje: $q = p \left(1 - \frac{D}{E}\right)$; z tą wartością równanie „przesuniętej“

hyperboli „(D)“ a mianowicie: $(\sigma_D - q) \zeta = D$, przejdzie po wymnożeniu przez A i wstawieniu wartości (66·1) na równanie:

$$(Ks) \dots \sigma_D = A \sigma_D = (AP) \left(1 - \frac{D}{E}\right) + \pi^2 \frac{DJ}{l^2},$$

które posiada te właściwości, że dla $D \rightarrow E$ przechodzi na (1), a dla $\zeta = \zeta_{p,E}$ czyli $\frac{\pi^2 i^2}{l^2} = \frac{p}{E}$ daje „ $P^a_D = pA$ “, — tak samo jak równanie (1); (porówn. L. Karasiński. loc. cit. str. 319—321 wzór 153).

Za pomocą powyższej prymitywnej operacji poprawia się jednak niejako naturę włączając ją w ramy przestarzałej — w dzisiejszej epoce kwantów — maksy: „Natura non facit saltus“.

Pozatem liczenie stałą wartością (70·2) w interwale (70·1) jest dla praktyki niezawodnie wygodniejsze, pomijając już to, że odpowiada doświadczeniu.

Doświadczenia wykazały, że przy pewnej granicy dla σ ciała ulegają bądźto skruszeniu lub ścięciu ukośnemu, bądź też zaczynają się stawać coraz więcej podobne ciecjom lepkiem tracąc pierwotną równomierność postaci n. p. z walcowych stając się beczkowatemi. Nieco przedtem już objawia się na ogół silne zwiększenie przekroju poprzecznego tak że istotne natężenia¹⁵⁾ prawie się nie zwiększają pomimo zwiększenia siły ściskającej i zmniejszenia długości; część sprężysta pracy ulega przytem tylko nader nieznacznemu wzrostowi; odpowiada to istotnej wartości modułu niewiele większej od zera. Z natury rzeczy kończy się w takich okolicznościach ważność ujęcia teoretycznego opartego na jednostajności przekroju pręta (A, J, i).

Pamiętając o tem uzupełnijmy sobie teraz w myśli schemat rys. 1 używając prostą $G \rightarrow$ o module D w pewnym punkcie W leżącym na niej i posiadającym współrzędne $\sigma = w > p, \varepsilon = \varepsilon_w > \varepsilon_p$, spełniające zatem równania (57), oraz prowadząc z tego punktu $W \rightarrow$ nową prostą o module: $o < Z < D$ ¹⁶⁾. Skutkiem tego zależność między natężeniem $\sigma > w$ a przynależnym mu odkształceniem $\varepsilon > \varepsilon_w$ wyrazi się wzorem:

$$(71) \dots \varepsilon = \varepsilon_w + \frac{\sigma - w}{Z}, \text{ gdzie } \varepsilon_w = -\frac{p}{A} + \frac{w}{D},$$

lub też równowartym

$$(71·1) \dots \varepsilon = -\frac{p}{A} - \frac{w}{A_1} + \frac{\sigma}{Z}, \text{ gdzie: } \frac{1}{A_1} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{D}.$$

Stosując w obszarze (Z) analogiczne rozumowanie, jak poprzednie w obszarze (D) dojdziemy do równania:

$$(72) \dots s^*_Z = l_0 \left(1 + \frac{p}{A} + \frac{w_1}{A_1} - \frac{\pi^2 i^2}{s^* \frac{Z}{2}}\right),$$

oraz do wzorów:

$$(73) \quad P_Z = \pi^2 \frac{ZJ}{l^2}; \quad (73·1) \quad \sigma_Z \cdot \zeta = Z, \text{ gdzie } \frac{1}{\zeta} = \varepsilon^* = \frac{\pi^2 i^2}{l^2}.$$

We wykresie rys. 2 otrzymamy jeszcze jedną hiperbolę równoboczną (73·1), która tembardziej będzie się zbliżać do osi układu (σ, ζ) im mniejszą wartość obierzemy na Z . Podobnie jak (70) otrzymamy teraz dla $\sigma = w$ odpowiednie rozgraniczenie wartości ζ w postaci

$$(74) \dots \zeta_{w,Z} = \frac{Z}{w} < \zeta_{w,D} = \frac{D}{w},$$

tak, że wszystkim $\zeta_{(w)}$ spełniającym relację:

$$(74·1) \dots \zeta_{w,Z} \leq \zeta_{(w)} \leq \zeta_{w,D}$$

jesteśmy zmuszeni przyznać jedną i tę samą wartość natężenia wyboczającego, a mianowicie:

$$(74·2) \dots w.$$

Skutkiem tego otrzymalibyśmy diagram rys. 2 ograniczony linią składaną $\{Z \dots D \dots E\}$ z łuków hyperbol (68·1) (69·1) (73·1) i kawałków prostych równoległych do osi ζ . Przyjmując jednak w za granicę wytrzymałości w tym sensie, że ciało wówczas traci postać pręta czy też „rozpływa się“ niejako, możemy pozostać w zgodzie z naszym rozumowaniem zmierzając z wartością Z do zera; wtedy otrzymamy ograniczenie diagramu (odrzucając hiperbolę Z) w postaci linii składanej: $\{w \rightarrow D \dots E\}$.

Porównując tak wyprowadzony diagram rys. 2 z rezultatem znanych¹⁷⁾ wzorowo przeprowadzonych doświadczeń Kármán'a (uwzględniając przytem zmianę w skali odciętych wywołaną przez użycie zmiennej $\zeta = \frac{1}{\pi^2} \frac{l^2}{i^2}$ w miejsce $\frac{l}{i}$) nietrudno zauważyć uderzającą zasadniczą

¹⁵⁾ P. Ludwik. loc. cit. str. 27, str. 36—37. Tabl. I.

G. Bach. Elastizität. Berlin, Springer, 1917, VII w. str. 223, także tabl. IX.

¹⁶⁾ Porówn. M. Thullie. „Die dritte Phase“. Z. ö. I. u. A. V. 1913, Nr. 48; także: M. Thullie. „Teoria żelbetu“. loc. cit. str. 55—56.

¹⁷⁾ R. Mayer. loc. cit. str. 73, rys. 26.

Timoszenko-Huber. loc. cit. str. 334, rys. 403.

zgodność zwłaszcza odnośnie do tej charakterystycznej cechy jaką jest stopień: $\sigma = p$ na rys. 2 odpowiadający punktowi G schematu rys. 1.

Wobec porównywanych diagramów części hyperboliczne powyżej i poniżej tego stopnia odpowiadają widocznie krzywymi nie przecinającymi się. Ze stopień charakterystyczny w doświadczeniach tak ostro nie wychodzi jak w schematycznym ujęciu teoretycznym, to jest rzeczą łatwo zrozumiałą, z różnych względów. Raz dlatego, że wartość p nawet dla próbek żelaza wziętych z jednego bloku waha się w szerszych granicach niż E , powtóre ponieważ zachowanie się żelaza w miejscu odpowiadającym punktowi G rys. 1 jest w rzeczywistości nadzwyczaj nie-

regularne i osobliwe. Nakoniec nie można zapominać o tem, że wzory tu wyprowadzone zostały pod tym wyraźnym warunkiem, że wyboczenie rozpoczyna się całkowicie w jednym z obszarów (E) lub (D) wykluczając na razie — usuwający się od rozważań teoretycznych z powyżej podanych powodów — przypadek gdy $\min P = p A$.

Przy rozważaniu innych doświadczeń zwłaszcza nad profilami żelaznymi o cienkich brzegach nie można zapominać o wpływie indywidualnym częściowego wyboczenia¹⁸⁾ zależnym od norm badanego typu. (Dok. nast.).

¹⁸⁾ M. T. Huber. Studja nad belkami I. loc. cit. str. 3, 47—50, 65, 85—86, 90—101—105, 114—119.

Inż. Dr. Tomasz Kluz,

kierownik budowy lotnisk i dróg powietrznych w Minist. Kom.

O budowie dróg powietrznych.

(Ciąg dalszy).

b) Widzialność latarni trasy lotniczej.

Zasięg promienia świetlnego latarni lotniczej czy też światła na trasie nie da się dokładnie ustalić. Widzialność bowiem promienia świetlnego zależy od różnorodnych czynników mających swe źródło: 1. w samej latarni; 2. w warunkach atmosferycznych; 3. we wrażliwości oka pilota.

Promień świetlny w swej drodze podlega absorpcji (pochłanianiu) przez atmosferę, załamaniu i często odbiciu. Otaczające powietrze nawet bardzo czyste i przejrzyste pochłania znaczną część energii promienia świetlnego.

Znaczne różnice temperatur warstw powietrznych jak również i przyciąganie ziemskie powodują duże różnice w gęstościach warstw powietrza, zwłaszcza w kierunku pionowym; warstwy o różnych gęstościach posiadają różne współczynniki załamania, które w sumie dają odchylenie promienia świetlnego od linii prostej, czyli t. zw. refrakcję atmosferyczną. Znajdujące się w atmosferze chmury, mgły, dymy i t. p. powodują prócz załamania promieni znacznie większą absorpcję, oraz częściowe odbicie promienia świetlnego.

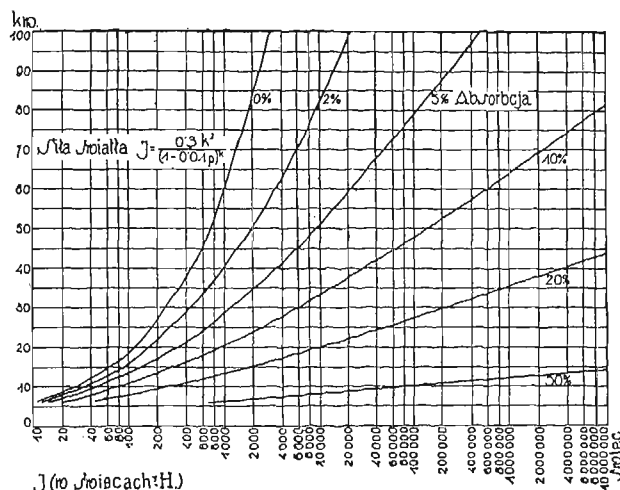
Jednym więc z najważniejszych czynników wpływających na zasięg i widzialność promienia świetlnego jest atmosfera. Stopień pochłaniania promieni świetlnych przez atmosferę waha się w bardzo obszernych granicach zależnie od stanu tejże atmosfery.

| Ilość świec | Zasięg w km | | | | | | mgła ciemna |
|-------------|-----------------|----------------|------------|---------------|------------|-------|-------------|
| | b. dobra pogoda | średnia pogoda | zła pogoda | b. zła pogoda | mgła lekka | mgła | |
| 50 | 10 | 7 | 4 | 1,85 | 0,93 | 0,380 | 0,090 |
| 500 | 26 | 14 | 6,5 | 2,60 | 1,23 | 0,470 | 0,110 |
| 5.000 | 51 | 23 | 9,2 | 3,45 | 1,56 | 0,565 | 0,130 |
| 50.000 | 87 | 33 | 12,2 | 4,35 | 1,92 | 0,675 | 0,150 |
| 500.000 | 135 | 44,5 | 15,4 | 5,35 | 2,30 | 0,780 | 0,170 |
| 5,000,000 | 195 | 57,0 | 19,0 | 6,50 | 2,70 | 0,790 | 9,190 |

Dla normalnych warunków kontynentu europejskiego t. j. przy dobrej pogodzie można przyjąć, że straty promienia świetlnego wynoszą na 1 km średnio 10%. Straty te wzrastają bardzo znacznie wraz z pogorszeniem się pogody. Przy t. zw. czarnej mgle liczyć się trzeba z całkowitą absorpcją promienia świetlnego. Powyżej podana tablica, zestawiona przez inż. V. Braum Van Vlotten, kierownika oświetlenia wybrzeży holenderskich („Aero-

nautica“, str. 36, r. 1928) daje obraz na ogromny wpływ pogody na zasięg światła.

Ilość dni pogody b. dobrej nie przekracza w Holandji, jak podaje p. V. Vlotten 10%, ilość dni średniej pogody wynosi przeciętnie 50%, a dni rubryk 4, 5, 6 i 7 (b. zła pogoda i mgła) wynoszą średnio 10%, przyczem mgła ciemna (czarna) zdarza się raz na kilka lat.



Rys. 19.

Powyżej podano również wykres (rys. 19) zasięgu promienia świetlnego w zależności od stopnia pochłaniania (od 0 do 50%) i to dla promieni świetlnych o sile od 10 do 10,000,000 świec Hafnera, według Lubera (Luber: „Die Befuerung von Nachtflugstrecken“ Z. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt 1929, zeszyt 10).

Ogólnie, zasięg promienia świetlnego uzależnić można:

- od siły promienia świetlnego,
- od stopnia pochłaniania fal świetlnych przez atmosferę,
- od czasu trwania działania światła (rozbłysku) i następstwa rozbłysków,
- od kąta pochylenia promienia świetlnego do poziomu i położenia obserwatora,
- od akomodacji i wrażliwości oka obserwatora.

Siłę światła J w zależności od zasięgu k możemy teoretycznie wyrazić przy pomocy wzoru na naświetlenie e :

$$e = \frac{J}{k^2} \cdot (1 - 0,01 p)^k,$$

gdzie J wyraża siłę światła w świecach,

k odległość w kilometrach,
 p stopień pochłaniania światła w procentach,
 e naświetlenie mierzone w luksach.

Minimalna wartość na „ c ” (to jest taka wartość, przy której oko przyzwyczajone do ciemności zauważy światło), wynosi według danych doświadczalnych zebranych przez specjalną komisję do badań latarni morskich w Niemczech (*A. E. G. Mitteilungen* z. 10, r. 1928) 0,3 luksa. Wstawiając tę wartość do powyższego wzoru otrzymamy wzór na J :

$$J = \frac{0,3 \cdot k^2}{(1 - 0,01 p)^k}$$

Na podstawie powyższego wzoru teoretycznego obliczono i wykreślono krzywe w rys. 19.

Chcąc więc dla danej z góry odległości ustalić siłę promienia świetlnego pamiętać trzeba, że siła ta jest:

1. proporcjonalną do kwadratu odległości, k ;
2. wprost proporcjonalną do wymaganego naświetlenia, e ;
3. odwrotnie proporcjonalną do stopnia pochłaniania promieni świetlnych przez atmosferę, p .

Teoretyczny wzór na J , wyżej podany, nie uwzględnia jednak czasu trwania działania światła i następstwa tych rozbłysków, które mają również poważny wpływ na zasięg światła.

Czas trwania rozbłysku zależy od powierzchni przekroju poprzecznego wiązki promieni, a więc od kąta rozwarcia rzuconego snopa światła, oraz od szybkości obrotu latarni. Poglądy na zasięg latarni, w zależności od czasu trwania rozbłysku są dosyć rozbieżne. Zresztą nic dziwnego. Przy doświadczeniach wchodziły bowiem w grę takie nieokreślone wartości, jak wrażliwość oka, tak różna u poszczególnych jednostek, oraz szybkość reakcji nerwu wzrokowego. W Niemczech uznano na podstawie doświadczeń za najodpowiedniejszy czas trwania rozbłysku 0,06 do 0,10 sekund. Wartości te odpowiadają całkowitemu obrotowi promienia świetlnego w ciągu 3 sekund, przy kącie rozwarcia wiązki promieni 7° do 12° (przy obrotowych latarniach lustrzanych). Poszczególne rozbłyski następują więc w odstępach co 3 sekundy. Jako górną granicę, przyjętą należy 6 sekund trwania przerw pomiędzy poszczególnymi rozbłyskami.

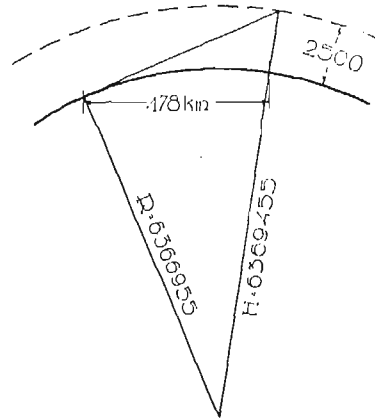
C) Zasięg promienia świetlnego w zależności od refrakcji atmosferycznej i kulistości ziemi.

Praktyczny zasięg promienia świetlnego latarni lotniczej zależy również i od kąta nachylenia promienia świetlnego. Gdybyśmy umieścili latarnie wprost na terenie, to przy założeniu prostoliniowego przebiegu promienia świetlnego, obserwator znajdujący się w samolocie na wysokości np. 2.500 m (rys. 20) traci kontakt z tymże promieniem światłym w odległości 178 km od miejsca położenia latarni. Więc nawet przy locie na wysokości 2.500 m, którą uznać należy za górną granicę lotu, lotnik nie mógłby widzieć latarni o bardzo nawet dużej sile promienia świetlnego w odległości, znajdującej się poza 178 km. Ponieważ jednak normalna wysokość lotu płatowca wynosi od 300 do 500 m, więc odległość, umożliwiającą widzenie promienia świetlnego latarni zmniejszyłaby się do 62 km (przy przyjętej wysokości lotu 300 m).

Jak więc wynika z powyższego, wpływ kulistości ziemi na zasięg latarni jest bardzo znaczny. Przy założeniu, że promień światła biegnie w kierunku prostym, nie należałoby się liczyć z zasięgiem większym od 62 km.

Promień światła podlega jednak, jak to wspomniano na początku, załamaniu (refrakcji atmosferycznej), droga promienia nie wyznacza więc linii prostej, lecz krzywą, tem samem zasięg promienia jest praktycznie różnym od zasięgu obliczonego przy drodze prostej promienia.

Dzięki refrakcji atmosferycznej, promień świetlny odchyła się w kierunku ku ziemi i zakreśla krzywą zbliżoną do łuku koła. Temsamem promień spotka się z lotnikiem, znajdującym się na wysokości h , nie w punkcie F (przebieg linjowy), lecz w punkcie T (rys. 21) w odległości „ k ”, większej od odległości „ a ”, bez refrakcji.

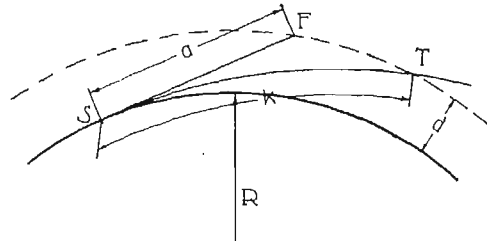


Rys. 20.

Refrakcja atmosferyczna zwiększa więc zasięg latarni lotniczej.

Wielkość załamania promienia świetlnego zmienia się wraz z porami roku, porami dnia i warunkami atmosferycznymi. Stwierdzono, że bezspornie z największą refrakcją liczyć się trzeba w lecie.

Ponieważ dokładne określenie refrakcji jest niemożliwe — refrakcja zmienia się tak w czasie jak i w przestrzeni — więc przyjęte wartości uważać należy za przybliżone wartości średnie.



Rys. 21.

Wielkość tej refrakcji określa się zwykle pewnym współczynnikiem „ m ”, przez który pomnożyć należy promień ziemski, dla otrzymania promienia łuku koła, po którym przebiega załamany promień światły. Wartość tego współczynnika m określano od kilkudziesięciu lat na 6,5, ostatecznie jednak doświadczenia skłoniły do przyjęcia za „ m ” wartości 10,5 (doświadczenia we Francji na brzegach Bretanii). W stosunku do dawnej wartości na m zwiększyło to zasięg o około 4%.

Związek między wysokością, a zasięgiem promienia świetlnego, mierzonym po powierzchni ziemi przy przyjęciu wartości $m = 10,5$ można określić w przybliżeniu parabolą drugiego stopnia o parametrze $2p = 14$, czyli wzorem $y^2 = 14x$, przyczem x wyraża wysokość „ a ” obserwatora nad terenem mierzoną w metrach, y zaś odległość między latarnią a obserwatorem mierzoną w kilometrach po terenie (po rzucie).

Przyjąwszy dla przykładu wysokość lotu płatowca 300 m, otrzymamy na podstawie powyższego wzoru:

$$y = \sqrt{14 \times 300} \cong 65 \text{ km}$$

a dla wysokości lotu 2.500 m:

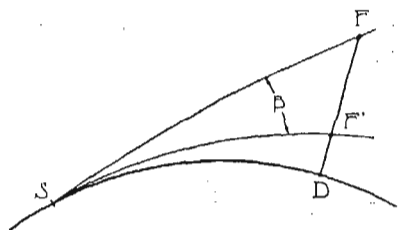
$$y = 187 \text{ km.}$$

Porównując wartości 65 i 187 km z wartościami otrzymanymi bez uwzględnienia refrakcji (rys. 20) przeko-

ujemy się, że zasięg promienia przez refrakcję zwiększył się o 5 i 6%.

Jeżeli więc mamy do czynienia z latarniami lotniczymi, od których żądamy zasięgu do 65 km, to dla przyjętej wysokości minimalnej normalnego lotu nocnego 300 m, poziomo skierowany promień świetlny spełnia swe zadanie w zupełności, o ile oczywiście ma się do czynienia z odpowiednimi warunkami atmosferycznymi. Osiągnięcie większego zasięgu od 65 km dla lotów na 300 m wysokości nie jest możliwe, jeśli wysłanemu promieniowi damy kierunek poziomy. Zasięg ten można jednak powiększyć przez odchylenie promienia od poziomu o pewien nieznaczny kąt β pod poziomem. Latarnia musi być wtedy umieszczona na pewnej wysokości h , dla umożliwienia przebiegu nachylnego promienia w kierunku stycznym do ziemi (rys. 25).

Obliczenie kąta β , o który należy zniżyć wysyłany promień świetlny, przeprowadzimy następująco: oznaczmy przez F punkt przecięcia się promienia świetlnego, wysłanego z punktu S z prostą SD w punkcie D , przyczem $DF = x$ (wg. wzoru $y^2 = 14x$), $SD = y$ (rys. 22).



Rys. 22.

Przypuśćmy, że obserwator znajduje się w punkcie F' . Wtedy, dla umożliwienia przejścia promienia przez punkt F' należy obniżyć wysyłany promień o kąt β . Ponieważ krzywa SF i SF' różni się nieznacznie od prostej (promień krzywizny ma wartość 10,5 razy większą od promienia ziemskiego, czyli $10,5 \times 6,366,953 = 69,853$ km), więc nie popełnimy większego błędu, przyjmując ją za prostą. Kąt β obliczymy więc z trójkąta prostokątnego (rys. 23):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{FF'}{SF'} = \frac{x-d}{y},$$

jeżeli przez „ d ” oznaczmy $d = DF'$ (rys. 22) to jest wymagana wysokość, na której ma być widzialnym promień świetlny.



Rys. 23.

Obliczmy dla przykładu kąt β przy odległości $y = 118$ km dla $d = 500$ m. Z równania $y^2 = 14x$ obliczamy wartość x , czyli $x = \frac{118^2}{14} \cong 1000$ m, a przy tych wartościach

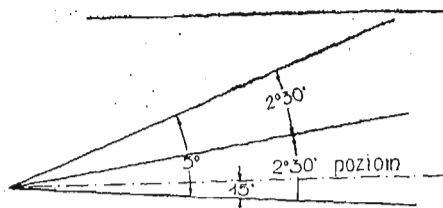
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{x-d}{y} = \frac{1000-500}{118.000} = 0,0042,$$

skąd $\beta \cong 15'$.

W dotychczasowych rozważaniach mówiliśmy o promieniu świetlnym. Tymczasem mamy tu do czynienia z wiązką promieni o kącie rozwarcia kilkustopniowym. Przy latarniach dioptrycznych, kąt ten wynosi zwykle 5° .

Latarnie o mniejszym zasięgu (do 65 km) ustawia się normalnie w ten sposób, by dolny graniczny promień biegł w kierunku ściśle poziomym. Oś więc wiązki promieni odchyloną będzie od poziomu o $2^\circ 30'$.

W wielkich latarniach dla osiągnięcia znacznie większego zasięgu, pochyla się dolny graniczny promień o kąt β . Nachylenie więc osi wiązki promieni zmniejszy się przez

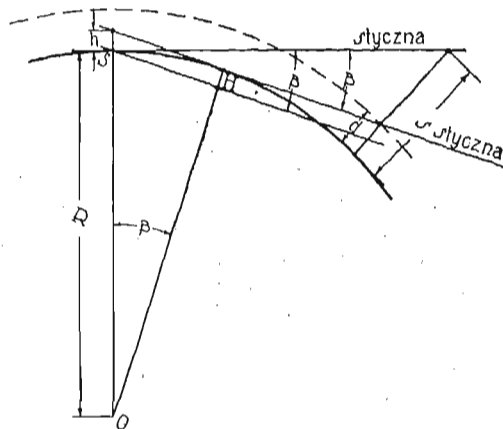


Rys. 24.

to również o kąt β , zbliżając się mniej lub więcej do wartości 2° (rys. 24). Obecnie rozumiałem jest, dlaczego większość latarni konstruowanych w różnych państwach odchyła się od poziomu o kąt 2° .

d) Wysokość wieży latarni lotniczej.

Ażby przez odpowiednie pochylenie promienia świetlnego można było uzyskać większy zasięg, trzeba umieścić latarnie na pewnej wysokości. Wysokość wieży uwarunkowana jest tem, by wysłany promień świetlny (graniczny dolny promień) nie natrafił na ziemię, lecz przechodził stycznie do jej powierzchni.



Rys. 25.

Zakładając, że promień biegnie po linii prostej, znajdziemy wysokość wieży h (rys. 25):

$$h = R - OH,$$

wstawiając za OH wartość z trójkąta OSH :

$$OH = R \cdot \cos \beta$$

w powyższe równanie znajdziemy:

$$h = R - R \cdot \cos \beta = R(1 - \cos \beta)$$

równanie na wysokość wieży h .

Dla podanego w poprzednim przykładzie kąta $\beta = 15'$, potrzebna wysokość wieży wyniesie 65 m. Ta właśnie wysokość wieży została przyjęta dla latarni lotniczej w Warszawie, budującej się obecnie.

Latarnie lotnicze średniego zasięgu, których promień świetlny wysyłany jest poziomo nie wymagają tak wysokiej wieży zależną jest od terenu, na którym wieża została umieszczona, oraz od najbliższych przeszkód, jak drzew, budynków kominów i t. p. W każdym wypadku wysokość takiej wieży musi być większą niż pobliskie przeszkody.

Dlatego też na miejsce pod latarnie obierać należy wyższe punkty terenu, pagórki itp. Zwykle wysokość tych wież jest zawartą w granicach między 10 a 25 m.

(C. d. n.).

Nowy układ międzynarodowych słowników technicznych.

W powyższym tytule uderza zapewne fakt, że niniejszy artykuł ma traktować o międzynarodowych słownikach technicznych, a nie o polskim słownictwie technicznym. Chciałbym tę rzecz zgóry wyjaśnić. Otóż właśnie polskie słownictwo techniczne ma wejść w skład obecnie opracowywanych międzynarodowych słowników technicznych.

Zanim przystąpię do programu tej pracy, przedstawię w krótkości: 1. co dotychczas zrobiono na polu słownictwa technicznego w Niemczech i u nas, 2. co się obecnie robi i 3. co jeszcze należałoby zrobić.

ad 1. Najważniejsze prace niemieckie w tej dziedzinie z ostatnich czasów są następujące: Lueger: „Lexikon der gesamten Technik“ (II wyd. 8 tomów, 2 suplementy 1914 i 1920, obecnie wychodzi III wyd.); Sachregister z dzieła „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ (1883 do 1890); Röhl: „Enzyklopädie des Eisenbahnwesens“ (II wyd. 10 tomów, 1812—1923); Karmarsch-Heer: „Technisches Wörterbuch“ (III wyd. 11 tomów 1876—1889); Tollhausen: „Technologisches Wörterbuch“ (V wyd. 1908); Krause: „Deutsch-russisches Forstwörterbuch“ (1889); Kraus: „Werkstoffe“ (3 tomy, 1921); oraz obecnie wychodzące dzieło: Schloemann-Oldenbourg: „Illustrierte Technische Wörterbücher in 6 Sprachen“ (o czym niżej) i inne dzieła.

Nasza bibliografia polskich słowników technicznych nie przedstawia się na ogół tak uboga, jak się to zazwyczaj o tem mówi. W drukującej się obecnie polsko-niemieckiej części mego „Słownika Technicznego“ wymienionych będzie 238 prac, dotyczących się polskiego słownictwa technicznego, nie licząc różnych przygodnych artykułów w tej sprawie. Nie potrzebuję podnosić, że lwia część zasług tych prac przypada lwowskiemu Towarzystwu Politechnicznemu oraz Komitetowi podręcznika „Technik“, wydanego w latach 1905—10 w Warszawie. Przy wymienianiu źródeł nie można oczywiście pominąć i ogólnych słowników języka polskiego, jak Lindego (6 tomów, 1807—1814, II wyd. 1854—1860); Słownika Warszawskiego (8 tomów, 1900—1927) i t. d.

ad 2. Z prac dokonywanych obecnie, należy podnieść przede wszystkim znakomite wydawnictwo niemieckie firmy Schloemann-Oldenbourg obejmujące 6-cio językowe słowniki z różnych dziedzin techniki. Dotychczas wydano następujące działy: Tom I: Elementy maszyn (2.200 słów); Tom II: Elektrotechnika (13.000 słów); T. III: Kotły parowe, Maszyny parowe (7.000); T. IV: Silniki spalinowe (3.000 słów); T. V: Budowa kolei żelaznych (4.700); T. VI: Maszynoznawstwo kolejowe (4.700 słów); T. VII: Dźwigarki i przyrządy transportowe (3.000 słów); T. VIII: Żelazobeton (2.400 słów); IX: Obrabiarki (3.900 słów); T. X: Samojazdy (5.900 słów); T. XI: Hutnictwo (5.200 słów); T. XII: Technika sanitarna (woda, powietrze i chłodziwo 11.300 słów); T. XIII: Konstrukcje budowlane (6.500 słów); T. XIV: Surowce włókniste (6.500 słów); T. XV: Przędzalnictwo (10.000 słów) i T. XVI: Tkactwo (przypuszczalnie około 8.000 słów). XVI tomów zawiera zatem razem około 100.000 słów w każdym języku, czyli łącznie około 600.000 słów. Następne tomy mają zawierać: Komunikację, Żeglarsstwo, Lotnictwo i Górnictwo.

Oprócz kontynuowania prac nad powyższymi wydawnictwem, firma ta przystąpiła do wydawania nowego typu słowników technicznych, który może uwzględniać dowolną ilość języków, a więc prawdziwie międzynarodowego. Jasną jest rzeczą, że powinniśmy starać się o wprowadzenie również i języka polskiego do tego wydawnictwa.

Z naszych prac należy wymienić na pierwszym miejscu prowadzone od paru lat prace Komisji polskiego słownictwa technicznego Akademii Nauk Technicznych w War-

szawie. Komisja ta pracuje systematycznie pod kierownictwem prof. Wasiutyńskiego. Obecnie wyszła pierwsza część tej pracy p. t. „Słownik polskich wyrazów technicznych“, „Eksploatacja techniczna dróg żelaznych“, Warszawa 1929. Materiał do słowników zbierany ma być według następujących działów techniki:

I. Nauki podstawowe:

11. Matematyka. Mechanika teoretyczna. Fizyka. Chemja.
12. Geodezja. Geologia. Petrografia. Mineralogja.
13. Statyka budowli. Wytrzymałość materiałów.

II. Inżynierja:

21. Budownictwo ogólne, cywilne i wojskowe. Żelazobeton.
22. Budownictwo architektoniczne.
23. Kanalizacja i wodociągi. Ogrzewanie i przewietrzanie.
24. Komunikacje lądowe. Drogi. Mosty.
25. Komunikacje wodne wewnętrzne. Budowle wodne.
26. Komunikacje morskie.
27. Komunikacje powietrzne.

III. Mechanika i elektrotechnika.

31. Części maszyn. Obrabiarki i narzędzia. Rzemiosła.
32. Kotły i silniki parowe stałe. Turbiny parowe i spalinowe.
33. Dźwignice i przenośnice.
34. Silniki spalinowe tłokowe.
35. Technika konstrukcyj mechanicznych bojowych.
36. Turbiny. Maszyny pneumatyczne i wodne. Chłodziwo.
37. Elektrotechnika prądów słabych. Radjotechnika.
38. Elektrotechnika prądów silnych.

IV. Technologia.

41. Technologia materiałów.
42. Rolnictwo.
43. Górnictwo.
44. Hutnictwo.
45. Przemysł ceramiczny.
46. Przemysł włókienniczy.
47. Przemysł farbiarski i drukarski.
48. Wielki przemysł chemiczny (nieorganiczny i organiczny).
49. Cukrownictwo.
50. Przemysł fermentacyjny.
51. Materiały wybuchowe.

W przedmowie podano, że głównym celem wydawnictwa jest ustalenie wyrazów polskich, odpowiadających określonym pojęciom technicznym. Wyraz polski, uznany za najodpowiedniejszy, i możliwie ściśle określenie pojęcia, do którego się on odnosi, stanowią zasadniczą część słownika. Dla porównania dodane są równoznaczniki w językach: niemieckim, rosyjskim, francuskim i angielskim, najczęściej stosowane. Część działową słowników uzupełniają skorowidze alfabetyczne wyrazów polskich i cudzoziemskich.

Słownik ten jest pierwszą pracą Komisji słownictwa technicznego Akademii Nauk Technicznych, wydana w druku. Daje on pojęcie o układzie słowników technicznych, jaki sobie założyła Komisja. Oby ułatwił on dalszą jej pracę, zachęcając do współpracownictwa organizacje i osoby, oceniając ważność zadania, podjętego przez Akademię Nauk Technicznych.

Oprócz powyższego ogólnego wydawnictwa polskiego słownictwa technicznego wskutek inicjatywy Ministerstwa

Przemysłu i Handlu w Warszawie przekazano sprawę ustalenia polskiego słownictwa żeglarskiego Lidze Morskiej, która odstąpiła ją osobnej Komisji. W roku zeszłym ukazała się w 4 językach, pierwsza część tej pracy, a mianowicie: kadłub okrętowy.

Na jednym z pierwszych posiedzeń tej Komisji, przedstawiłem referat p. t. „O zasadach polskiej terminologii żeglarskiej“ ogłoszony w „Języku polskim“ nr. 2 z r. 1924. Tak powyższy referat, jak i później podane „Zasady pracy przy ustaleniu polskiego słownictwa żeglarskiego“*) prawie nie wpłynęły na dalsze postępowanie Komisji, wyjąwszy jednego momentu, wciągnięcia do współpracy również i przedstawicieli Marynarki wojennej.

Podobnie na życzenie Związku Gospodarczego Gazowni i Zakładów Wodociągowych w Państwie Polskiem opracowałem część polsko-niemiecką słownictwa gazowniczego, które to materiały, po uzupełnieniu ich terminami francuskimi i angielskimi oraz wprowadzenie własnych terminów, drukuje obecnie redakcja miesięcznika *Gaz i Woda* jako projekt słownictwa, które ma obowiązywać ogół gazowników. Istnieją także inne prace z działów pokrewnych, jak prace Komisji do spraw słownictwa geologicznego i paleontologicznego w Warszawie, prace nad ustaleniem słownictwa fizycznego, leśnego, stolarskiego i t. d.

Przechodząc do trzeciego punktu t. j. co jeszcze należałoby zrobić, trzeba stwierdzić, że z natury rzeczy musimy się oprzeć na dotychczasowych pracach polskich w tym kierunku. Przystąpienie do wydawnictwa słowników międzynarodowych nowego typu, uważam za najlepszy i najprostszy sposób wprowadzenia naszej terminologii technicznej na pole międzynarodowe. Wyłania się oczywiście pytanie, dlaczego mamy przystąpić właśnie do tego nowego wydawnictwa, a nie np. do dotychczasowej serii słowników 6-językowych, wydawanych przez

*) 1. Jako naczelną zasadę stawiam: przyjęcie na pewne pojęcia tylko jednego wyrazu polskiego (a nie dwu lub więcej słów). (Niestety, ta naczelną zasadą nie została przyjęta przez powyższą Komisję, gdyż uchwalono podawać: 1. termin polski, 2. termin żeglarski obecnie używany (żargon, gwara), zalecany głównie przez przewodniczącego Komisji gen. Zaruskiego, zaś przy terminach odnoszących się do „żagli“ jeszcze trzeci termin, oznaczający nowy sposób oznaczania ożaglowania i olinowania. Ta nowa terminologia podana przez komandora Garnuszeńskiego, ogłoszona została w *Morzu*, zeszyt 4—5, 1929 r. w artykule p. t. „Możliwość uproszczenia słownictwa żeglarskiego“).

2. Pozostawić w języku polskim wyrazy, powtarzające się przynajmniej w dwu innych językach żeglarskich a szczególnie w holenderskim i angielskim.

3. W razie niezgodności wyrazów w powyższych językach, trzymać się stale wyrazu z jednego języka.

4. Pozostawić w języku polskim wyrazy obce, istniejące od dawna w naszym języku (ster, żagiel, reja...).

5. Usunąć nowotwory polskie, niezgodne z duchem języka polskiego (wtyłciąg, wprzódciąg, śródlinia...).

6. Gdyby w ciągu pracy nie można było uzyskać zgody w sprawach językowych, wówczas należy się zwrócić np. do Komisji języka polskiego Akademii Umiejętności w Krakowie.

7. Ponieważ dotychczas nie mamy jeszcze ustalonego polskiego słownictwa żeglarskiego, zatem należałoby się oprzeć na jednym z obcych języków, mających już ustaloną terminologię żeglarską np. na języku niemieckim. Język ten proponuję ze względu na pomnikowe prace: Paasch: „Marinewörterbuch“ 1908, przedruk 1924; Kluge: „Seemannssprache“ 1911; Dabovich: „Wörterbuch der Marine“, 1888 i i.

8. Konieczne jest pozyskanie zgody Wojskowości (Marynarki), w sprawie używania wyrazów proponowanych przez Komisję.

9. Opracowanie materiału terminologicznego winno nastąpić systemem rzeczowym, grupami np.: 1. liny, węzły i kotwice; 2. typy statków; 3. kadłub; 4. ożaglowanie i olinowanie (w łączności z omasztowaniem); 5. maszyny okrętowe; 6. manewry (kotwica i okręt); 7. wyposażenie statków. Działy ogólne jak: matematyka, astronomia i t. d. mogłoby być pominięte. Z innych działów jak: meteorologia, kosmografia i t. d. tylko najważniejsze wiadomości. W ogólności: raczej opracować mniejszy słownik, aniżeli podjąć się pracy o programie za wielkim.

10. Wskazaniem jest ogłaszanie wyników pracy w *Morzu*.

11. Na życzenie podejmę się opracowania Słownika, oczywiście partjami.

W Krakowie 4. V. 1927 r.

firmę Oldenbourg? Postaram się to uzasadnić w krótkości.

Pomimo tego, że do dzisiaj wydawnictwo powyższe uważane jest za szczyt doskonałości w dziedzinie słownictwa technicznego, szczególnie ze względu na rysunki techniczne, które są „mową technika“ — nie można powiedzieć, by wydawnictwo to zaspokajało w zupełności życzenia techników różnych narodowości. Zasadniczym błędem tego wydawnictwa jest fakt, że każdy czytelnik był, że tak powiemy, z góry „skazany“ na posługiwanie się tylko temi językami, które to wydawnictwo obejmowało. Mimo, że w słowniku Schlomanna reprezentowanych było 6 najważniejszych języków europejskich, dalszy rozwój tych słowników, przez wciągnięcie do tego wydawnictwa innych języków europejskich (czy nawet światowych) jest prawie niemożliwy, gdyż np. nowe (II) wydanie II tomu tego wydawnictwa, obejmującego elektrotechnikę i elektrochemję, doszło do takich rozmiarów, że ze względu na samą wagę tego tomu (około 2.5 kg) posługiwanie się nim natrafia na poważne trudności. Gdy pierwsze wydanie tego dzieła z r. 1907 obejmowało 13.000 słów (w 6 językach), to drugie wydanie ma obejmować 40.000 słów (oczywiście również w 6 językach), czyli razem około ćwierć miliona słów! Te olbrzymie ilości słów, jednego tylko działu techniki, jestem zmuszony przyjąć za prawdziwe, pomimo tego, że przeprowadzone z inż. Żerańskim w Warszawie próby dorywcze nie potwierdziły wyżej wykazanej ilości słów. Ten jeden przykład dowodzi, że wciąganie dalszych języków do tego wydawnictwa jest już prawie niemożliwe.

Zachodzi zatem pytanie, w jaki sposób należy zorganizować pracę, aby każdy dowolny język mógł być w niej należycie uwzględniony i żeby nie zachodziła konieczność kupowania więcej niż jednego słownika w języku obcym, t. zn. aby czytelnik nie był zmuszony używać słownika wielojęzycznego, którego może zupełnie nie potrzebować?

Zadanie to rozwiązała powyższa firma Oldenbourg w bardzo prosty sposób, w wydawnictwie p. t. „Wortschatz der Technik in allen Sprachen“. Tom I zawiera „zasadnicze pojęcia techniki“. Rys charakterystyczny układu tego wydawnictwa stanowi fakt, że każdy tom poświęcony jest tylko jednemu językowi. Wspomniany I tom wyszedł np. w języku: niemieckim, francuskim i angielskim, oczywiście każdy język osobno! Według tego więc najprostszego sposobu można uzupełnić to wydawnictwo, bez żadnego ograniczenia, wszystkimi możliwymi językami. W tem uchwyceniu leży sposób rozwiązania międzynarodowego słownictwa technicznego. Oczywiście cały materiał każdego języka opracowany jest według jednego programu. Każdy tom mianowicie składa się z dwu części. Część pierwsza obejmuje rzeczowy układ słów, zaczynający się od pojęć najogólniejszych, najprostszych a więc: element, materia, surowiec, atom, molekuł i t. d. w ten sposób postępując ułożono słowa z chemji, matematyki, geometrii, fizyki, mineralogji, mechaniki, budownictwa, rzemiosł, maszynoznawstwa i t. d. Oczywiście wybierano tylko słowa: „najważniejsze“ „najogólniejsze“ (niestety, właśnie w tym punkcie natrafiano na największe trudności!) pozostawiając specjalne terminy techniczne do właściwych słowników (działów). Każde z tych słów otrzymało liczbę porządkową, poczynawszy od pierwszego słowa: element 1, materia 2, surowiec 3, atom 4, molekuł 5 i t. d. a następnie w drugiej części tego słownika ułożono te same słowa w porządku alfabetycznym danego języka, oczywiście przy dopisaniu odnośnej liczby. Jeżeli zatem chcielibyśmy poznać odpowiednik np. francuski na słowo np. *Keil*, który oczywiście znajdziemy w części alfabetycznej, wówczas przy słowie *Keil* odczytamy liczbę 3.622 i pod tą liczbą w części francuskiej znajdziemy *coin* i t. d. To byłoby zatem rozwiązanie sprawy międzynarodowego słownika technicznego.

Teraz możemy przejść do sprawy drugiej, może dla nas trudniejszej, bo do wydania danej pracy w języku polskim. Oczywiście wysuwają się dwie trudności: kwestja finansowa i kwestja obecnie ustalanej polskiego słownictwa technicznego — pracy rozpoczętej w Warszawie w Komisji polskiego słownictwa technicznego Akademii Nauk Technicznych. Być może, że dałoby się te dwie trudności usunąć w ten sposób, że powyższa Komisja wydałaby część polską słownictwa technicznego według tego nowego programu firmy Oldenbourg. Na komisji jednak

odbytej w tej sprawie w dniu 16. X. b. r. w Warszawie uchwalono kontynuować dalej wydawnictwo rozpoczęte według schematu A. N. T. Niestety przypuszczam, że obrana droga, zmierzająca do ustalenia polskiego słownictwa technicznego, choć może oryginalna, okaże się znacznie dłuższą i trudniejszą od proponowanej przezemnie drogi przyłączenia się do nowego układu międzynarodowych słowników technicznych, wydanych przez firmę Oldenbourg.

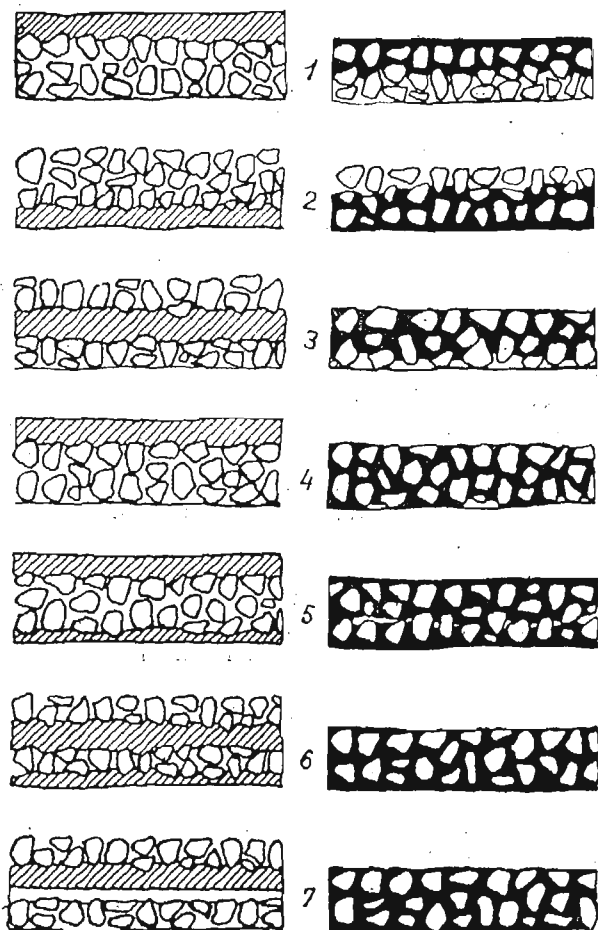
Wiadomości z literatury technicznej.

Drugi.

— Nawierzchnię tłuczniową związaną zaprawą cementową omawia Inż. D. Streit w Nr. 9 *Der Strassenbau*. W okresie powojennym okazuje się dążność idąca z jednej strony w kierunku dostosowania dróg do nowoczesnego ruchu, z drugiej zaś, do wyboru takich typów nawierzchni, które mogą być wykonane w granicach możliwych środków materialnych. Za takie uważa autor jezdnie, których koszt od $1 m^2$ wyniesie 4—7 M.

Wychodząc z tego założenia wyklucza autor chwilowo bruki normalne i drobne, beton oraz ciężkie typy nawierzchni asfaltowych, natomiast uważa za możliwe do stosowania tańsze typy nawierzchni bitumicznych oraz nawierzchnię tłuczniową związaną zaprawą cementową.

Nawierzchnię tę, której zasada opisana już została w Nr. 23/29 i 7:30 *Czasopisma Techn.* dzieli autor, w zależności od sposobu jej wykonania na 7 typów, przedstawionych w poniżej podanym szkicu w stanie przed i po wałowaniu.



Rys. 1.

Przy każdym typie jest możliwość pracy zaprawą suchą lub wilgotną. Zaprawa sucha ma tę dodatnią stronę, że umożliwia zwiększenie okresu czasu pomiędzy zamieszaniem zaprawy a ostatecznym ukończeniem jezdni, natomiast ujemnie

wpływa tu ewentualność dodania za mało lub za dużo wody, co w wysokim stopniu oddziałać może destruktywnie na wytrzymałość zaprawy.

Przechodząc do omówienia poszczególnych sposobów, zaznaczyć należy, co następuje:

1. Tłuczeń, zaprawa, wałowanie.

2. Zaprawa, tłuczeń, wałowanie.

Oba powyższe sposoby wydają się być mniej odpowiednie, albowiem po uwałowaniu przy 1) dolne partje tłuczni przy 2) górne partje nie są zaprawą otoczone.

3. Tłuczeń, lekkie wałowanie, zaprawa, tłuczeń, wałowanie.

4. Tłuczeń, zaprawa, bronowanie zaprawy, wałowanie.

Sposób 3) nosi w Anglii nazwę „sandwich”. Ziarna tłuczni około 5 cm, grubość warstwy wilgotnej zaprawy (1:2) około 3—3,5 cm. Wał tandemowy 7—10 t.

Sposób 4) używany w Austrii i noszący tam nazwę „metody bronowania” czyni koniecznym użycie suchej zaprawy (1:4). Warstwa tłuczni 12 cm wysoka o ziarnie 4—6 cm. Grubość wysypanej zaprawy około 3 cm. Bronowanie przeprowadza się kilkakrotnie przy równoczesnym wałowaniu tak długo, aż przestrzenie puste zostaną zaprawą wypełnione. Następnie dopiero zwilżenie i wcieranie przy wałowaniu występującego szlamu. Wał około 13 t.

Oba wymienione sposoby wykazują po uwałowaniu dość dobre wypełnienie miejsc pustych.

5. Cienka warstwa zaprawy, tłuczeń, zaprawa, wałowanie.

6. Cienka warstwa zaprawy, tłuczeń, lekkie wałowanie, zaprawa, tłuczeń, wałowanie.

7. Tłuczeń, cienka warstwa zaprawy, bronowanie i lekkie wałowanie, zaprawa, tłuczeń, wałowanie.

Przy tych sposobach jest wprawdzie nieco więcej pracy, jednakże po uwałowaniu otrzymuje się dobre wypełnienie miejsc pustych. Przy sposobach 5 i 6 dolna warstwa zaprawy na sucho, podobnie pierwsza warstwa przy sposobie 7.

Autor opisuje w końcu roboty tego typu wykonane w Niemczech reasumując poczynione spostrzeżenia.

a) Fundament, którym była z reguły zwykła żwirówka powinien być co do przekroju należycie wyregulowany i uwałowany.

b) Te sposoby, przy których użyta była wilgotna zaprawa dały rezultat bardzo korzystny.

c) Tłuczeń powinien mieć ziarno w dolnej warstwie 4—6 cm w górnej 3—4 cm. Grubość warstwy tłuczniowej 8—10 cm, przy warstwie podwójnej (sposób 3) po 5 cm.

d) Do zaprawy używano tak cementu zwykłego, jak również wysokowartościowego; w pewnym wypadku również do mieszki cementu soliditowego. Stosunek mieszanki wahał się w granicach 1:2—1:3 objętościowo. Ważnym jest odpowiedni dobór piasku. W Niemczech granice ziarn leżały między 3—10 mm. Grubość warstwy zaprawy około 4 cm, przyczem należy doliczyć jeszcze około 1 cm na górną warstewkę zamykającą nawierzchnię. Wydatki cementu, w zależności od grubości i stosunku mieszanki 17—30 kg/m².

e) Ciężar użytego wału jest czynnikiem bardzo ważnym. Najlepszymi okazują się wały tandemowe 8—10 t.

f) Powłoka bitumiczna, okazuje się, przynajmniej w najbliższych paru latach po wykonaniu zbędną wówczas, gdy na-

wierzchnia wykonana jest starannie i z dobrego materiału. Usprawiedliwiona jest natomiast na drodze o ruchu ciężkim.

g) Rysy i pęknięcia powstają przy tej nawierzchni bardzo rzadko z uwagi na stosunkowo nieznaczny ilość cementu. Z tego powodu wykonywanie szwów okazuje się zbędnym.

h) Dzienny postęp roboty był, w zależności od warunków 60—100 mb przy ręcznym zarabianiu zaprawy. Prawdopodobnie użycie mechanicznych miészarek przyspieszy postęp roboty. Oddanie nawierzchni do ruchu następowało po 2—8 dniach po ukończeniu, bez żadnych ujemnych skutków dla całości. Roboty wykonywane były w całym przekroju, jednakże możliwą jest również praca po połowie.

i) Koszta wahały się w granicach 4·20 — 6·00 M./m² z wykluczeniem jednak fundamentu. E. B.

Mosty.

— **Wpływ tężników poprzecznych** omawia Dr. Fr. Faltus w *Časopis českosl. inž.* (1928, str. 94). Most pokoju na kanale Dunaju w Wiedniu na miejscu mostu Brigidy składa się z 13 belek głównych blaszanych, połączonych tężnikami poprzecznymi. Chodziło o to, jak się obciążenie rozdziela na poszczególne belki. Autor zestawiał odnośne wzory, porównuje z wynikami pomiarów ugięć i stwierdza wielką zgodność ugięć obliczonych i mierzonych.

— **Most kratowy spawany** w Chicopee-Falls (Mass.) opisuje O. Bondy w *Schweiz. Bauzeit.* (1929 str. 15). Jestto most ukośny pod kątem 72°. Długość belek głównych wynosi 41 m. Nitowana konstrukcja miała ważyć 120 t, spawany most waży 80 t. Koszt zmniejszył się z 19.000 dol. do 15.000 dol.

— **Pomiary ugięć i naprężeń** wykonane przy moście łukowym żelbetowym w Baden-Wettlingen. Opisuje je prof. Dr. M. Roš w *Schweiz. Bauzeitung* (1929 str. 105). Rozpiętość teoretyczna mostu wynosi $l=68$, $f=17.77$ m, grubość sklepienia w kluczu 0.75 m, w węzłowie 1.72 m. Wyniki pomiarów wykazują zgodność z wynikami rachunku z różnicami 10 do 20%. Wpływ nadmurowania, który obecnie trudno rachunkiem wyznaczyć, jest znaczny tak, że nawet wielkie zwiększenie obciążenia most może bezpiecznie wytrzymać. Takie same pomiary wykonano przy moście łukowym żelbetowym na Renie pod Tavanasa w Szwajcarii. Stwierdzono, że pomost i poręczce zmniejszyły znacznie ugięcie i naprężenia łuku, największe pionowe ugięcie średnio o 60%, największe naprężenia o 50 do 75%. Powiększenie naprężeń wskutek wstrząśnień wynosiło w kluczu 15%, w jednej czwartej łuku 23%.

— **Most Butina na Rodanie w Genewie** opisuje Lacroix w *Schw. Bauzeit.* (1929 str. 281). Most ten jest z tego względu ciekawy, że stanowi wiadukt dwupiętrowy. Dolne łuki mają rozpiętość w świetle 42 m, a na nich zbudowano w każdym przęśle po 5 małych łuków.

— **Most na Addzie pod Trezzo** opisują *Annali dei Lavori Pubblici* (1928 str. 673). Jestto most łukowy żelbetowy o rozpiętości 80 m a strzałce 25.3 m. Grubość łuku w kluczu wynosi 1.12 m, w węzłowie 2.45 m. Most ten zbudowano na drodze automobilowej Medjolan-Bergamo. Dr. M. Thullie.

Drogi żelazne.

— **Koleje Jugosławijskie.** Długość eksploatacyjna sieci kolei rządowych Jugosławji z końcem roku 1928 wynosiła 9.232 km. Do tego jeszcze należy dodać 1.300 km sieci kolei prywatnych drugorzędno znaczenia.

Koleje Jugosławji były bardzo zniszczone podczas wojny, dlatego zarząd ich musiał zwrócić energiczną uwagę na rozbudowę sieci kolejowej i na ten cel wydano 2 miliardy denarów, (1 dinar = 15 groszy). Ze zbudowanych nowych linii przypada na Serbję 366 km, na Krocję i Sławonję 445 km, na Południową Serbję 227 km, na Dalmację 23 km, na Bošnję i Hercogowinę 82 km, na inne prowincje 73 km, co daje razem 1.183 km. W roku sprawozdawczym 1928 oddano do eksploatacji jeszcze 221 km linii normalnotorowych i 56 km wąskotorowych. Program dalszej rozbudowy przewiduje 1.630 km, które mają być wykonane w r. 1932.

Linje dwutorowe liczą zaledwie 269 km, 7.000 km jest linii normalnotorowych, 2.600 km o prześwicie 76 cm, a 200 km o szerokości toru 1.00 m.

Koleje rządowe Jugosławji posiadały z końcem r. 1928 2.767 parowozów, 5.252 wagonów osobowych i 58.696 wagonów towarowych.

W r. 1926/7 wpływy kolei wynosiły 2.297 milionów dinarów, w r. 1927/8 wzrosły do 2.264 milionów. Wpływy nie pokryły wydatków. W r. 1927 spółczynnik eksploatacji wynosił 114, w r. 1928—110.

Personalu kolejowego liczą te linje 70.727 głów, co daje na 1 km sieci około 7.7 pracowników.

Zarząd kolejami Jugosławji spoczywa w rękach Generalnej Dyrekcji i 5-ciu Dyrekcji Okręgowych. (*Zeitung d. Vereins deutsch. Eisenb.* 45/1929 — „Inżynier kolejowy“ 2/1970).

— **Pociąg ekspresowy na wschód**, biegnący z Londynu przez Paryż, Strassburg, Baden-Baden, Monachjum, Wiedeń, Belgrad, Bukareszt do Konstantynopola i Aten dostaje od 15 maja 1930 trasę przez Bosfor do Haidar-Pascha, Bagdadu i ewentualnie Kairo.

Dwa promy o długości po 200 m i trzech torach wraz z urządzeniami do lądowania tak w Konstantynopolu, jak i Haida Pascha buduje rząd turecki kosztem 3 milionów marek.

Od 15 maja 1930 r. w ciągu 74½ godz. będzie się po wyjeździe z Londynu w Konstantynopolu i bez przesiadania się za pomocą promów dostanie się do Azji mniejszej, Palestyny i Egiptu. (*Verkehrstechnische Woche* 3/1930).

— **Kolej miejska podziemna w Warszawie** (metropolitain). Na ten temat zamieszcza inż. T. Lenartowicz artykuł w „Przebiegu Technicznym“ (zeszyty 4 i 5 z r. 1930), w którym uzasadnia potrzebę kolei podziemnej w Warszawie, omawia kierunki tej linii, zagłębienie tunelu, wyniki badań hydro-geologicznych, sposób budowy tunelu i z finansowanie budowy.

Ogółem projekt przewiduje 26 km kolei podziemnej, 20 km kolei górnej, razem 46 km. Sieć tej wielkości mogłaby być urzeczywistnioną w ciągu 35 lat. Do tego czasu ilość mieszkańców Warszawy powinna wzrosnąć do 2 milionów. Tunel będzie głębiej położony pod tunelem średnicowym alei Jerozolimskiej, poniżej kanalizacji, wodociągów i t. d.

— **Budowa kolei podziemnej w Rzymie.** Madryt posiada kolej podziemną od wielu lat, w Atenach budują takową obecnie, Rzym będzie z rzędu trzecim miastem Europy południowej, które zdobędzie kolej podziemną.

Urząd włoski zatwierdził niedawno plany na tę budowę.

Ilość mieszkańców „Wiecznego miasta“ wzrosła w ostatnim dziesięciu lat o 27% i dochodzi do miliona, a w ciągu następnych 25 lat osiągnie liczbę półtora miliona.

Pierwotnie projektowana sieć kolei podziemnej obejmowała 6 linii z koleją obwodową o długości 55 km, obecnie zatwierdzony plan budowy obejmuje tylko 3 linie o długości 24.5 km; które mają być wybudowane w ciągu 12 lat kosztem 700 milionów lirów.

Pierwsza linja, którą właśnie zatwierdzono, poprowadzi z Piazza Barberini do dworca głównego Termini, następnie przez Piazza Ventia, dworzec Trastevere do dworca kolei Rzym-Ostia.

Na późniejszy okres jest przewidziana budowa kolei podziemnej z placu Barberini w okolicę Watykanu.

Badania terenu i układu geologicznego już przeprowadzono. Dla kolei podziemnej przewidziana jest trakcja elektryczna.

Nawiasem należy nadmienić, że berlińska kolej podziemna liczy 70 km, oddanych do użytku publicznego, a dalszych 10 km znajduje się w budowie. (*Verkehrstechnische Woche* 7/1930, z 12. II). Inż. A. W. Krüger.

BIBLIOGRAFJA.

„The Engineering Index“. Biblioteka Politechniki Lwowskiej nabyła w roku bieżącym i będzie nadal co roku sprowadzać bardzo cenne ogólnotechniczne amerykańskie wydawnictwo bibliograficzne p. t. „The Engineering Index“.

Nowojorska biblioteka techniczna „The Engineering Societies Library“ (29 West 39-th Street) otrzymuje przeszło 1800 czasopism technicznych ze wszystkich państw. Korzystając z tak wielkiego zbioru czasopism wydaje „The American Society of Mechanical Engineers“ corocznie bibliografię ogólnotechniczną czasopism p. t. „The engineering Index“.

Jest to wydawnictwo dwutomowe formatu 26/18 cm o 2.072 stronach drobnego druku i zawiera:

1. Alfabetyczny i rzeczowy spis czasopism, z których robiono wyciągi.
2. Bibliografię artykułów technicznych ułożoną alfabetycznie.
3. Alfabetyczny spis autorów obejmujący przeszło 20.000 nazwisk.

Taki rocznik jest rekapitulacją innego wydawnictwa wspomnianej wyżej instytucji, ukazującego się w ciągu roku we formie kartoteecznej. Prenumerata bibliografii w takiej formie kosztuje rocznie 2000 dolarów (!). Pracuje nad tym „indexem“ ogromny sztab fachowców, tłumaczy i t. d. Wydawnictwo to, zakrojone na iscie amerykańską skalę, jest dowodem jak Ameryka nie szczędzi pieniędzy i pracy, by tylko mieć mieć każdej chwili jak najświeższe informacje o postępach techniki. „Index“ w formie rocznika kosztuje \$ 50.

Polskie piśmiennictwo techniczne jest niestety w tym wydawnictwie bardzo słabo reprezentowane, a to z tego powodu, że biblioteka „The Engineering Societies Library“ otrzymuje tylko 7 polskich czasopism, a mianowicie: „Hutnik“, „Organizacja Gospodarstwa Domowego“, „Organizacja Pracy w Rolnictwie“, „Przegląd Górniczo Hutniczy“, „Przegląd Organizacji“, „Przegląd Techniczny“ i „Technika Ciepła“.

Byłoby ze względów na propagandę rzeczą wskazaną, by i inne administracje wysyłały swoje egzemplarze wspomnianej bibliotece i zaznaczyły równocześnie wyraźnie, że jest to polskie pismo techniczne wydawane w Polsce, by w przyszłości w „Indexie“ nie umieszczono obok nazw polskich czasopism wychodzących w Warszawie napisów: Warsaw — Russia (!) tak jak to figuruje w sześciu miejscach w „Indexie“ z r. 1929.

Książki nadesłane. „Anales de la Sociedad Científica Argentina“. Entrega V. Tomo CIX. Buenos Aires 1920.

„Oblas soudobé inženýrské práce“. Sbornik vydaný k. X sjezdu česko-slovenských inženýrů v Praze. 1930.

„Elektrotechnika v Praze k. XII sjezdu esč v Praze 1930“.

„Jednokolejná hlavní dráha Veselí nad Moravou Nové Město n/Vahom“. Praha 1929.

„Dráha presidenta Masaryka, hlavní dráha Vsetín-Bylnice“. Praha 1929.

„Výroční zprávy elektrických podniků hlavního města Prahy za rok 1930“.

„Úprava Vltavy a Labe pro soustavnou elektrisaci v Československé republice“. Praha 1927.

Ministr. Ing. Jan Dostálek: „Vodohospodářské úkoly Československé Republiky“. Praha 1930.

Ing. Alois Píbl: „Návrh regulace dopravy ve vnitřní Praze“. Praha 1930.

Inż. E. Wilczkiewicz: „Zasady zdjęć fotogrametrycznych“. Lwów 1930.

NEKROLOGJA.

† **Dr. Maksym. Rudeloff** b. dyrektor państwowego urzędu badania materiałów w Berlinie, zasłużony uczony zmarł w 72 roku życia.

RÓŻNE SPRAWY.

Targ Budowlany urządzają tegoroczne X Targi Wschodnie we Lwowie w czasie od 2 do 16 września. Targ ten obejmie pokaz wszelkich materiałów, fabrykatów i maszyn z działów budownictwa użytecznego i inżynierskiego wraz z licznymi imprezami reklamowymi firm, biorących w nim udział, dla szerszego zainteresowania zwiedzającej publiczności kwestjami budowlanymi. W czasie Targów odbędą się od 12 do 14 września Wykłady Techniczne z najnowszych zdobyczy techniki, ze szczególnem uwzględnieniem budownictwa mieszkaniowego i budowy dróg, połączone ze zjazdem inżynierów i techników budowlanych.

W następnym numerze *Czasopisma Technicznego* zostanie podany szczegółowy program Targu Budowlanego.

SPRAWY TOWARZYSTWA.

Posiedzenie Wydziału Głównego z dnia 5. V. 1930 r. Obecni: Prezes S. Rybicki; Wiceprezisi: F. Blum i Prof. Dr. W. Borowicz. Członkowie Wydziału: M. Bessaga, Prof. E. Bratro, A. Broniowski, T. Jarosz, Z. Kalitński, S. Kozłowski, Prof. D. Krzyczkowski, T. Laskiewicz, B. Łazoryk, Prof. G. Müldner, A. Tomaszewski, J. M. Rektor Dr. K. Weigel i Prof. K. Zipsler. Nieobecność usprawiedliwili: Dr. W. Aulich, E. Bronarski i J. Nechay.

1. Odczytano i przyjęto protokół z ostatniego posiedzenia.

2. Po odczytaniu aktu fundacyjnego stypendjum im. Prezesa Stanisława Rybickiego, Wydział Główny P. T. P. powziął jednogłośnie uchwałę, mocą której przyjmuje wszystkie prawa i obowiązki wypływające z postanowień tegoż statutu.

3. Tekst dyplomu honorowego dla Prof. Dr. Maksymiljana Thulliego ustalono: „W uznaniu zasług położonych około nauk technicznych i na polu pracy obywatelskiej“. Wniosek uchwalono jednogłośnie.

4. Prof. Zipsler zawiadamia, że Rada Wydziału Inżynierji Politechniki Lwowskiej wydelegowała do Komitetu dla Księgi pamiątkowej dla Prof. Dr. Thulliego (ustanowionego uchwałą Wydziału Głównego P. T. P. z d. 16. IX. 1929) panów profesorów: Bratro, Brzozowskiego i Bryłę. Wydział główny wybrał na członków tego komitetu ze strony Polskiego Towarzystwa Politechnicznego panów: Dr. Pareńskiego, Inż. Grocha i Inż. Jagiełłę.

5. Prezes Rybicki podaje do wiadomości Wydziału memoriał w sprawie pomocy dla przemysłu lwowskiego, wystosowany do Ministra Skarbu.

6. Prezes Rybicki przedstawia sprawę propozycji Związku Zrzeszeń Technicznych zwołania zjazdu fachowców w sprawie

mieszkaniowej i proponuje, by zjazd ten odłożyć do jesieni, a sprawę ustalenia programu zjazdu oddać Komisji pod przewodnictwem Prof. Krzyczkowskiego. Propozycję tę przyjęto.

7. Prośby Koła Mechaników Studentów Politechniki Lwowskiej o subwencję na wycieczkę naukową do Belgji i Francji, oraz Związku Studentów Inżynierji Politechniki Lwowskiej o subwencję na wycieczkę naukową do Czech, Jugosławji i Turcji załatwiono przychylnie i przyznano obu Związkom subwencje po 300 Zł. Prośbę Państwowej Szkoły Budowy Maszyn w Poznaniu o subwencję na fundusz stypendyjny załatwiono odmownie.

8. W sprawie Zjazdu Delegatów Polskich Zrzeszeń Technicznych, który odbędzie się dnia 14 i 15 czerwca br. postanowiono wybrać komisję, któraby się zajęła jego zorganizowaniem. Do Komisji wybrano: Inż. A. Broniewskiego jako przewodniczącego, oraz Inżynierów: Barwińskiego, Bessagę, Bronarskiego, Jarosza, Kalitńskiego, Łazoryka i Tomaszewskiego. Postanowiono dnia 15 czerwca b. r. urządzić oficjalny obiad dla delegatów, przyczem członkowie P. T. P. miejscowi płacą za siebie, a za przyjezdnych delegatów płaci Polskie Towarzystwo Politechniczne. Na dzień 16 czerwca b. r. postanowiono urządzić wycieczkę dla delegatów Zrzeszeń, oraz członków P. T. P. do Mościc, celem zwiedzenia tamtejszej fabryki nawozów azotowych. Odjazd wycieczki ze Lwowa nastąpi 15. VI. b. r. wieczorem, zaś powrót 16. wieczorem. Postanowiono również postarać się o odpowiednie przedstawienie w teatrze w dniu 15 czerwca. Ustalenie dokładnego programu pozostawiono Komisji.

Na tem posiedzenie zamknięto.

„**Betontarki „Perkeo“.** Do części nakładu niniejszego numeru dołącza się prospekt betoniarek małych „Perkeo“.

Redaktor naczelny i odpowiedzialny Prof. Inż. Emil Bratro.

Pierwsza Związkowa Drukarnia we Lwowie, ul. Lindego 4.

Nakładem Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie.