KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Prof. IGNACY RADZISZEWSKI

WODOCIĄGI i KANALIZACJA

Rozdziały z wykładów na Politechnice Warszawskiej

Wykresy pomocnicze (nomogramy)
do obliczenia przewodów
wodociągowych i kanalizacyjnych

KW
BSP

№ 215.

WARSZAWA — 1929

WYKRESY POMOCNICZE (NOMOGRAMY)

DO OBLICZANIA

PRZEWODÓW WODOCIĄGOWYCH I KANALIZACYJNYCH.

1. W rozdziale tym będą podane wskazówki, jak można przygotować tablice pomocnicze do obliczania strat w przewodach rurowych i kanałach. -

Wskazówki te, mające na celu ujęcie w wykresy odpowiednich wzorów otrzymanych, dla ruchu wody, znaleźć mogą zastosowanie i w innych przypadkach z różnych dziedzin techniki.

2. Ilość wody, która przepływa przez przewód dowolny, inaczej, wydatek przewodu, obliczamy ze wzoru:

$$Q = F \cdot v.$$

gdzie Q -wyrażone jest w m^3 na sek., F - przekrój poprzeczny przewodu w m^2 zaś v - prędkość średnia wody w m/sek. Prędkość v określamy ze wzoru:

$$v = k \cdot \sqrt{J \cdot R}$$

gdzie J -jest liczbą oderwaną, oznaczającą spadek jednostkowy zwierciadła wody w przewodzie otwartym, lub też stratę jednostkową ciśnienia w przewodzie całkowicie wypełnionym, R - oznacza t.zw. „promień hydrau -

liczny", przekroju wyrażony w m, zaś k - jest to spółczynnik, na który mamy bardzo wiele wzorów praktycznych opartych na doświadczeniu. Co do nas stosować będziemy wzór Kutter'a i Gangnillet'a :

$$k = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

gdzie znów m przybiera wartości różne, zależne od stanu przewodu i rodzaju wody, która ma tym przewodem płynąć.

Można przyjąć, że dla rur wodociągowych zupełnie nowych i czystych oraz dla wody, nie dającej osadów, m = 0,20

dla rur, już będących w użyciu, przy czystej wodzie .... m = 0,25

dla rur, już będących w użyciu, przy wodzie gorszych własności .... m = 0,30

dla rur, już będących w użyciu, przy wodzie dającej osad, względnie, inkrustacje .... m = 0,35

dla rur, j.w., i dla wody o własnościach silnie inkrustacyjnych .... m = 0,40

Dla rur wodociągowych najczęściej przyjmuje się we wzorze powyższym m = 0,25 ; dla kanałów m = 0,3 , bezpieczniej m = 0,35.

Przyjmując taką czy inną wartość na m, otrzymamy wzór, służący do określenia wydatku Q :

$$Q = \frac{100 . \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RJ} . F ,$$

albo

$$Q = \frac{100 . R}{m + \sqrt{R}} \cdot F . \sqrt{J} . \qquad (1)$$

3. Jakikolwiek typ przewodu obierzemy, możemy wszystkie wymiary przekroju tego przewodu wyznaczyć w zależności od jednego, zasadniczego wymiaru; oznaczamy ten wymiar przez d. Wówczas pole przekroju F - da się zawsze określić jako pewna funkcja d, w postaci:

$$F = \alpha . d^2$$

długość obwodu zwilżonego O w postaci :

$$O = \beta . d$$

promień hydrauliczny R, który się równa :

$$R = \frac{F}{O} = \frac{\alpha d^2}{\beta . d} = \frac{\alpha}{\beta} . d$$

albo

$$R = \varepsilon . d .$$

Biorąc powyższe pod uwagę, poprzedni wzór (1) na Q, możemy przedstawić dla każdego typu przewodu w postaci:

$$Q = \frac{100 . \varepsilon . d}{m + \sqrt{\varepsilon d}} \cdot \alpha . d^2 . \sqrt{J} = \frac{100 . \alpha . \varepsilon . d^3}{m + \sqrt{\varepsilon d}} \cdot \sqrt{J} \qquad (2)$$

Jeśli dla przewodu o pewnym typie będziemy mieli żądane d, wówczas poprzednią zależność możemy zapisać w postaci:

$$Q = \mu . \sqrt{J} \qquad (3)$$

gdzie

$$\mu = \frac{100 . \alpha . \varepsilon . d^3}{m + \sqrt{\varepsilon d}} \qquad (3^a)$$

może być uważane za wielkość stałą; zatem Q uzależniliśmy tylko od J.

4. Dajmy na to, mamy przekrój kołowy o średnicy d. Wtedy przekrój:

$$F = \alpha . d^2 = \frac{\pi . d^2}{4}$$

zatem

$$\alpha = \frac{\pi}{4} = 0,7854 .$$

Promień hydrauliczny dla przekroju kołowego:

$$R = \frac{\pi . d^2}{4} : \pi . d = \frac{d}{4} = \varepsilon . d$$

zatem

$$\varepsilon = \frac{1}{4} = 0,25$$

W takim razie dla przekroju kołowego spółczynnik μ (wzór 3a) otrzyma wartość:

$$\mu = \frac{39,25 . d^3}{2m + \sqrt{d}}$$

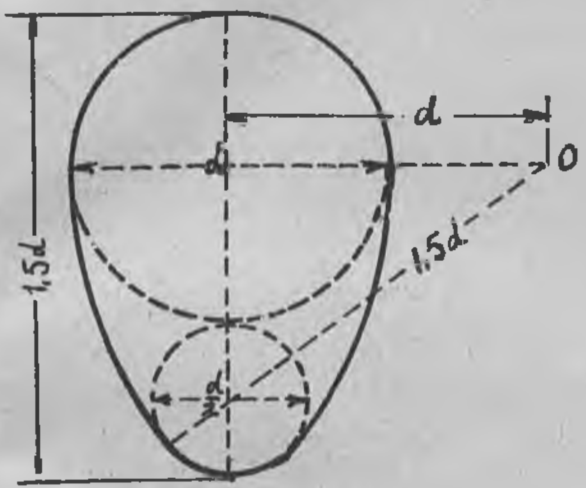
Jeśli przyjmiemy na m dla pewnego przypadku wartość 0,35, wówczas

$$\mu = \frac{39,25\, d^3}{0,7 + \sqrt{d}}$$

a wartość

$$Q = \frac{39{,}25 . d^3}{0{,}7 + \sqrt{d}} \cdot \sqrt{J} \qquad (4)$$

5. Weźmy teraz inny przykład: kanał o przekroju zwykłym jajowatym, który utworzony jest w ten sposób; na osi pionowej są wykreślone dwa okręgi styczne: jeden



o średnicy d, drugi dolny o średnicy $\frac{d}{2}$.
Z punktu O, wziętego na przedłużonej poziomej średnicy górnego okręgu w odległości od środka tego okręgu $= d$, zataczemy łuk promieniem $1{,}5d$ styczny do poprzednio wykreślonych okręgów. Budując podobny łuk z drugiej strony tych okręgów, otrzymujemy obrys kanału jajowatego.

Mając taki przekrój, którego wszystkie wymiary są zależne od d, łatwo znajdziemy, że przekrój

$F = 1{,}148\, d^2$, zatem $\alpha = 1{,}148$

$R = 0{,}2896\, d$, zatem $\varepsilon = 0{,}2896$

Wówczas :

$$Q = \frac{33,25\,d^3}{0,35 + 0,54\sqrt{d}}\sqrt{J} \qquad (5)$$

6. Dla przekroju kołowego ze żłobem, utworzonym według obocznego rysunku, mamy:

$$F = 0,712\,d^2$$

zatem

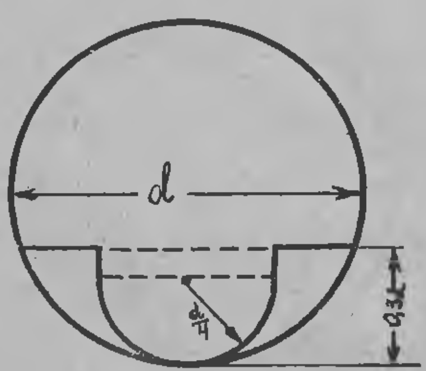
$$\alpha = 0,712$$

$R = 0,249\,d$, więc $\varepsilon = 0,249$,

Stąd:

$$Q = \frac{17,73\,d^3}{0,35 + 0,5\sqrt{d}}\sqrt{J} = \frac{35,46\,d^3}{0,7 + \sqrt{d}}\sqrt{J} \qquad (6)$$

W podobny sposób możemy znaleźć wartości α, ε i, następnie Q - dla wszelkich przekrojów, byleby tylko kształt tych przekrojów był uzależniony od jednego zasadniczego wymiaru.



7. Przejdźmy teraz do wskazania, jak wykreślnie możemy wyznaczyć zależność między J, Q, d, v, otrzymanych z poprzednich wzorów.

Pokażemy to naprz., dla przekroju kołowego, dla którego mamy zależność:

$$Q = \frac{39,25\, d^3}{0,7+\sqrt{d}} \cdot \sqrt{J} \quad ,$$

podaną wyżej: (4)

Obierzmy średnicę:

$$d = 0,2 \ m$$

dla niej

$$Q = \frac{39,25 \cdot 0,2^3}{0,7+\sqrt{0,2}} \cdot \sqrt{J} = \frac{0,314}{1,15} \sqrt{J} = 0,273 \sqrt{J} .$$

Podstawmy teraz na J - różne wartości, a więc

$$J = 0,001$$

.... 0,005 ; .... 0,01 ; .... 0,05 i t.d.

Znajdźmy wartości odpowiednie na Q:

otrzymamy:

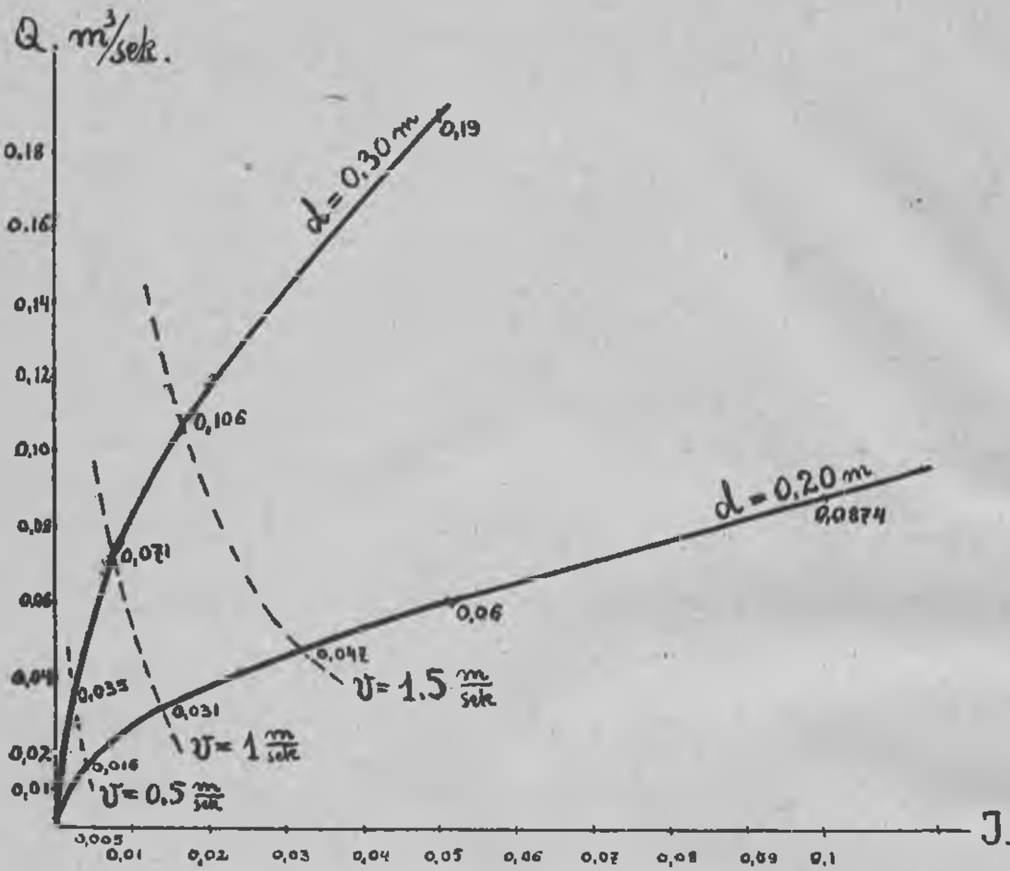
dla J = 0,001 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,05; 0,1

Q = 0,0087 ; 0,0194 ; 0,0273 ; 0,06 ; 0,0874 i t.d

Obierzmy prostokątne osi spółrzędnych ; na osi odciętych odkładajmy spadki jednostkowe (J) zaś na osi rzędnych - odpowiednie wydatki Q; otrzymamy szereg punktów, tworzących krzywą, która wyznaczy zależność między Q i J dla przewodów o średnicy

$$d = 0,2 \ m$$

Przy tej krzywej notujemy, że dotyczy ona tej właśnie średnicy.



W podobny sposób możemy znaleźć wartości Q dla ϕ $d = \underline{0,30}\ m$ przy różnych J.

$$Q = \frac{39,25 \cdot 0,3^3}{0,7 + \sqrt{0,3}} \sqrt{J} = \frac{1,06}{125}\sqrt{J} = 0,85\sqrt{J}$$

Nadając na J wartości

J = 0,001 ;	0,005	0,01	0,05	0,1	znajdziemy
Q = 0,027 ;	0,06	0,085	0,19	0,27	m^3/sek

Kreślimy znów krzywą według powyższych punktów i notujemy przy niej

$$d = 0{,}30\ m$$

Tak samo możemy obliczyć wartości Q dla innych średnic: 0,4 m, 0,5 m i t.d. i otrzymane wyniki zaznaczyć na wykresie. Samo przez się jest zrozumiałe, że dla otrzymania dokładniejszych i wyraźniejszych krzywych dla większych średnic wypadnie brać podziałkę inną na Q i na J niż dla średnic mniejszych.

8. Przy obliczeniach przewodów jest również ważną sprawą znajomość prędkości, którą woda przy przepływie posiada. Wiemy, że dla danego przewodu o jakimkolwiek przekroju przy różnych prędkościach otrzymamy różne wydatki, które będą proporcjonalne do prędkości v, gdyż:

$$Q = F \cdot v$$

zaś ogólnie możemy przyjąć, że

$$F = \alpha \cdot d^2$$

zatem

$$Q = \alpha \cdot d^2 \cdot v$$

Z tego równania widzimy też, że dla danej prędkości v wydatki będą proporcjonal[illegible] do kwadratu zasadniczego wymiaru.

Dla przekroju kołowego powyższa zależność wyrazi się wzorem:

$$Q = 0{,}785\,d^2 . v\,,$$

gdyż dla takiego przekroju

$$\alpha = 0{,}785$$

Pokażemy obecnie, jak można na naszym wykresie zaznaczyć prędkości. W tym celu przyjmijmy, że badać będziemy wydatki otrzymywane przy różnych przekrojach i przy stałej prędkości

$$v = 0{,}5\,\frac{m}{sek}.$$

Wówczas dla przewodu o średnicy

$d =$ 0,2 m ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 i t.d. znajdziemy

$Q =$ 0,016 $\frac{m^3}{sek}$; 0,035 ; 0,063 ; 0,098 ; i t.d.

Jeśli już mamy wyznaczone krzywe dla poszczególnych średnic, wyznaczmy na tych krzywych takie punkty, które na krzywej dla

$$d = 0{,}2$$

odpowiada

$$Q = 0{,}016$$

na krzywej dla

$$d = 0{,}3$$

odpowiada

$$Q = 0{,}035$$

i t.d.

Łącząc te punkty linją ciągłą, otrzymamy krzywą jednakowych prędkości $v = 0{,}5\,\frac{m}{sek}$.

Przy tej krzywej notujemy

$$v = 0{,}5\ m/sek$$

Znajdźmy teraz wartości Q dla różnych średnic przy prędkości

$$v = 1\ \frac{m}{sek}$$

otrzymamy dla przewodów o średnicy

d = 0,2 m ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 i t.d.

Q = 0,031 $\frac{m^3}{sek}$; 0,071 ; 0,124 ; 0,196 i t.d.

Zróbmy podobne obliczenia dla prędkości

$$v = 1{,}5\ m/sek$$

dla d=0,2 m ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 i t.d. znajdziemy

Q=0,047 $\frac{m^3}{sek}$; 0,106; 0,189 ; 0,295 i t.d.

Mając wartości Q dla

$$v = 1{,}0\ \frac{m}{sek}\ ;\ v = 1{,}5\ \frac{m}{sek}$$

i t.d., wyznaczamy na właściwych krzywych dla d = 0,2 ; d = 0,3 ; d = 0,4 m i t.d. punkty, odpowiadające wartościom Q ; łączymy ze sobą krzywą ciągłą te punkty, które są wyznaczone dla prędkości

$$v = 1\ \frac{m}{sek}\ ,$$

otrzymamy krzywą, przy której notujemy :

$$v = 1{,}0\ \frac{m}{sek}$$

Toż samo robimy z punktami, odpowiadającemi prędkościom

$$v = 1{,}5\ \frac{m}{sek}\ ;\ 2\ \frac{m}{sek}\qquad \text{i t. d.}$$

9. Dochodzimy zatem do układu krzywych, które pozwolą nam znaleźć odpowiedź na wszystkie pytania, dotyczące związku między średnicą d , prędkością v , ilością Q i spadkiem jednostkowym J . Będziemy mogli znaleźć dwie z tych wielkości, jeśli pozostałe dwie są nam znane.

Postępowanie powinno być takie:
Naprz., niech będzie dany wydatek wody $\underline{Q}, \frac{m^3}{sek}$,który ma płynąć przewodem o przekroju kołowym zadanej średnicy $\underline{d}, m$.

Znaleźć prędkość przepływu i stratę na tarcie (= spadek jednostkowy ciśnienia) w tym przewodzie.

Na tablicy odszukujemy prostą poziomą, która odpowiada wydatkowi Q ; następnie odnajdujemy tę krzywą, która posiada przy sobie napis, oznaczający zadaną średnicę d . Przecięcie się tych dwóch linij zajdzie na pewnej prostej pionowej, która wskaże stratę jednostkową na tarcie (spadek jednostkowy ciśnienia). Jednocześnie - chociaż w przybliżeniu - możemy określić wartość prędkości w przewodzie, oceniając z gruba. z sąsiednich krzywych jaka krzywa v powinnaby przechodzić przez ten punkt.

10. Te same tablice pozwalają na szybką odpowiedź na zapytanie: jaką należy dać ϕ przewodu, który ma dostarczyć $Q_1 \frac{m^3}{sek}$ przy spadku jednostkowym ciśnienia $= J_1$? Aby dać na to pytanie odpowiedź, odszukujemy linję poziomą, odpowiadającą zadanemu Q_1 i linję pionową odpowiadającą zadanemu J_1 . Przecięcie się tych prostych znajdziemy, ogólnie mówiąc, między dwiema krzywemi, noszącemi napisy d_1 i d_2, czyli że właściwa średnica przewodu powinna być obrana między d_1 i d_2. Ponieważ rynek dysponuje tylko ograniczoną liczbą średnic,-i takie tylko średnice uwzględniane są w tablicach -, przeto dla bezpieczeństwa bierzemy średnią większą . Zaraz też powiemy, jakie, właściwie straty są spodziewane przy obranej średnicy. Jednocześnie w sposób, wyżej podany, oznaczymy - w przybliżeniu - prędkość w przewodzie o obranej średnicy.

11. Powyżej dane były wskazówki, jak można ułożyć tablice, wiążące wartości Q , d , v , J . Do tego celu odkładaliśmy na osi odciętych - wartości J , zaś na osi rzędnych wartości Q - w skalach obranych i otrzymaliśmy grupy krzywych d i krzywych v .

Jeśli na osiach spółrzędnych odkładać będziemy nie same wartości Q i J lecz ich <u>logarytmy</u>, wówczas krzywe d staną się prostemi, zaś krzywe v otrzymają się o bardzo małej krzywiźnie, które praktycznie będzie można uważać za proste. Wynajdywanie zatem poszczególnych punktów jako przecięć pewnych prostych, albo wynajdywanie prostych, przechodzących przez pewne punkty, będzie znacznie łatwiejsze, niż to jest przy krzywych.

Dla tego też stosowanie tablic, opartych na odkładaniu nie samych wartości, lecz ich logarytmów - w wielu razach jest bardzo rozpowszechnione.

Przystąpimy teraz do wskazówek, które objaśnią, jak takie tablice się tworzy.

Poza tem przekonamy się, że zamiana krzywych na proste znacznie ułatwia budowę samych tablic: dla każdej krzywej trzeba szukać całego szeregu punktów, o ile krzywa ma być wykreślona dokładnie, zaś dla wyznaczenia prostej wystarczą dwa punkty, lub jeden punkt i kąt, który ta prosta tworzy z jedną z osi spółrzędnych.

12. Pokażemy teraz jak taki wykres należy wykonać naprz. dla przekroju jajowatego. Poprzednio (w par.3) otrzymaliśmy równanie (3)

$$Q = \mu\sqrt{J} \qquad \text{gdzie} \qquad \mu = \frac{100 . \alpha . \varepsilon . d^3}{m + \sqrt{\varepsilon} . \sqrt{d}}$$

Dla przekroju jajowatego(par.5)

$$\alpha = 1,148 \qquad ; \quad \varepsilon = 0,2896$$

Zatem, jeśli przyjmiemy m = 0,35, otrzymamy:

$$\mu = \frac{33,25\, d^3}{0,35 + 0,54\sqrt{d}}$$

Zlogarytmujmy równanie (3)

$$\log Q = \frac{1}{2}\log J + \log \mu \qquad (7)$$

Równanie to jest postaci:

$$y = ax + b \quad , \text{ gdzie } \quad y = \log Q\ ,\ x = \log J \quad a = \tfrac{1}{2}\ ,\ \text{zaś}\ \ b = \log \mu$$

Z tego widzimy, że, jeśli wzdłuż osi rzędnych będziemy odkładali log Q, zaś wzdłuż osi odciętych log J , szukane punkty znajdą się na linji prostej; prosta ta przecina oś y w odległości logμ od początku spółrzędnych, tworząc z osią x kąt, którego tg. równy jest a = ½ .

Dalej dostrzeżemy, że dla różnych d zmieniać się będzie w równaniu (7) tylko lgμ, zaś spółczynnik ½ pozostanie bez zmiany; stąd stwierdzamy, że owe proste jednakowych średnic będą do siebie równoległe, przecinając oś y - w różnych odległościach od początku spółrzędnych.

Żeby znaleźć punkty przecięcia się wspomnianych prostych z osią y , należy dla różnych wartości d obliczyć log μ. A więc (mówimy wciąż o przekroju jajowatym) dla $d = 0,8$ m, 1,0 m, 1,2 m, 1,4 m, 2,0 m i t.d.

Znajdziemy $\mu = 20,5$; 37,4 ; 61,1 ; 92,2 ; 239,7 i t.d.

i następnie $\log \mu = 1,31$; 1,57; 1,79; 1,97 ; 2,38 i t.d.

Wartości $\log \mu$ odkładamy wzdłuż osi rzędnych i w ten sposób otrzymujemy po jednym punkcie każdej prostej, odpowiadającej $d = 0,8$m; $d = 1,0$ m; $d = 1,2$ m; $d = 1,4$m ; $d = 2,0$m i t.d. Następnie z równania :

$$y = ax + b$$

albo, inaczej,

$$\log Q = \frac{1}{2} \log J + \log \mu$$

widzimy, że wszystkie proste tworzą z dodatnią osią x kąt, którego tg. jest $= \frac{1}{2}$.

Jak zobaczymy zaraz, okaże się praktycznem przyjęcie dodatniego kierunku osi x od prawej ku lewej stronie.

Przeprowadzamy więc proste, przechodzące przez wyznaczone wyżej punkty tak, aby te proste z dodatnim kierunkiem x tworzyły kąt, którego $tg = \frac{1}{2}$. Przy każdej prostej notujemy średnicę, do której ta prosta należy.

Właściwie szukane proste już są wykreślone. Należy tylko jeszcze umieć odczytywać wartości rzędnych i odciętych.

W tym celu weźmy dla przykładu kilka wartości na J z tych, które mają praktyczne zastosowanie. Niech to będą naprzykład.

J = 0,1 0,08 0,06 0,04 0,02 0,01 0,008 0,006 0,004 0,002 0,001 i t.d.

Znajdujemy wartości logarytmów tych wielkości:

lg J = -1,0 -1,1 -1,2 -1,4 -1,7 -2,0 -2,1 - 2,2 -2,4 -2,7 -3,0 i t.d.

Tak samo obieramy wielkości Q :

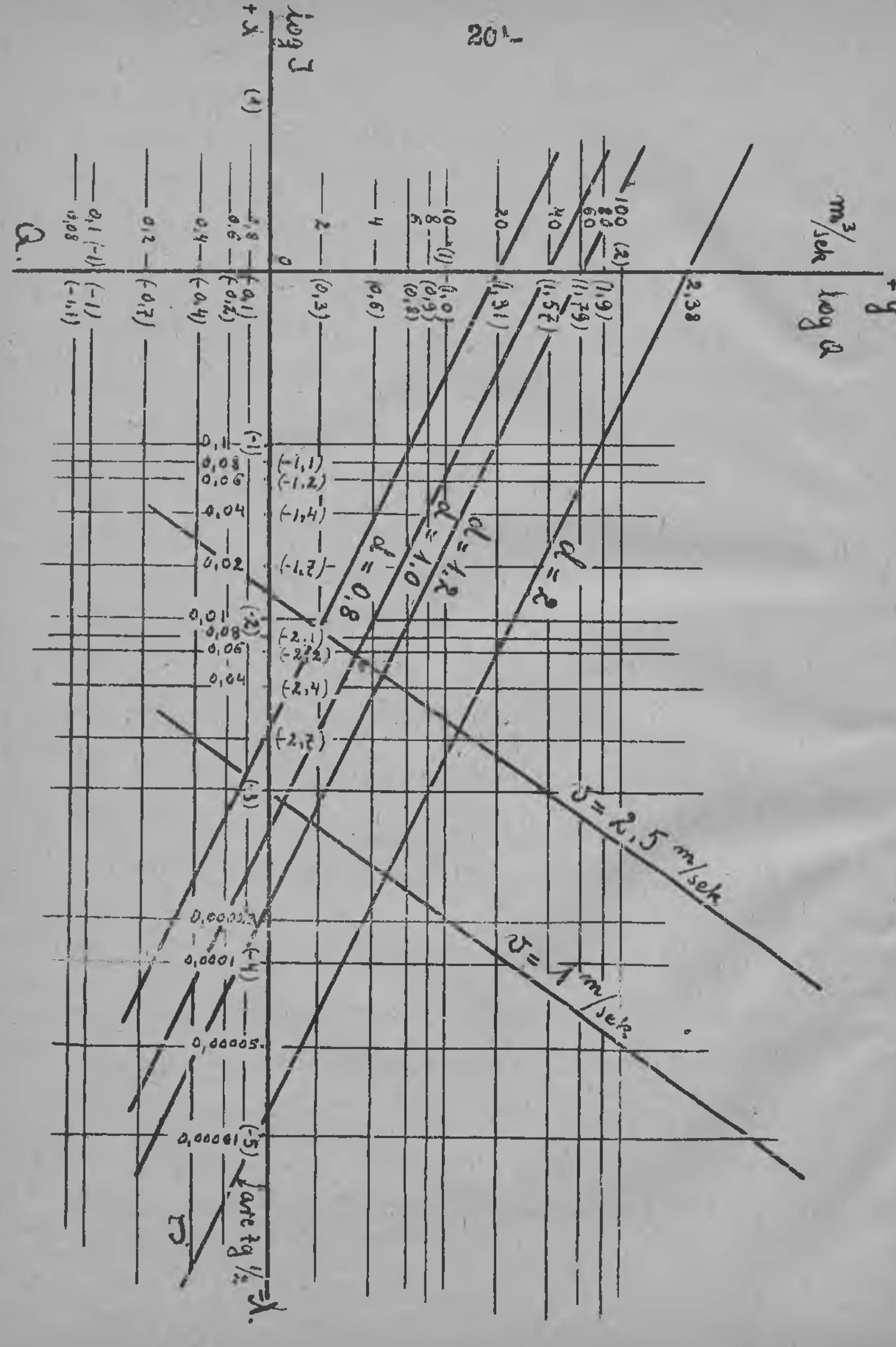
Q = 100 80 60 40 20 10 8 6 4 2 1

lg Q = 2,0 1,9 1,8 1,6 1,3 1,0 0,9 0,8 0,6 0,3 0

0,8 0,6 0,4 0,2 0,1 0,08 i t.d.

-0,1 -0,2 -0,4 -0,7 -1 -1,1 i t.d.

Wzdłuż osi X (tablica str.20) wyznaczamy punkty, których odcięte = log J. Patrząc na szereg wartości J widzimy, że są wszystkie ujemne i dlatego też dogodniej było przyjąć, że dodatnia oś X idzie od zera na lewo, zatem nasze odcięte znajdą się na prawo od zera. Wartości log Q odkładamy wzdłuż osi rzędnych: dodatnie wartości od osi poziomej do góry - ujemne na dół. Na rysunku liczby, oznaczające wartości log J; log Q; są ujęte w nawias. Zamiast odszukiwać liczby, odpowiadają-


log J
+x
m³/sek
log Q
+y
2,38
d = 0,8
d = 1,0
d = 1,2
d = 2
v = 2,5 m/sek
v = 1 m/sek
arc tg ½ = α
Q.
J.

ce tym logarytmom, lepiej jest odczytywać odrazu same wielkości $\mathfrak{J}$ i $\mathfrak{Q}$. Dlatego też na tablicy w ostatecznej postaci wpisujemy już nie logarytmy a wartości $\mathfrak{J}$ i $\mathfrak{Q}$. W ten sposób mamy możność odczytania odrazu samą liczbę, a nie jej logarytm.

Na tablicy powyższej liczby, oznaczające wartości rzędnych i odciętych, należy odsunąć na krawędzie rysunku, aby środek rysunku był jaknajbardziej przejrzysty.

Oczywiście, kiedy wartości rzędnych i odciętych są odnotowane na krawędziach rysunku, niema już potrzeby uwzględniania położenia osi spółrzędnych. -

13. Przystępujemy obecnie do wykreślenia linij jednakowych prędkości. Zadaniem naszem będzie otrzymanie równania , w którem znajdą się $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{J}$ i v Wówczas, nadając różne wartości na $\mathfrak{Q}$, (naprz.

$\mathfrak{Q}_1, \mathfrak{Q}_2, \mathfrak{Q}_3 \ldots$) przy założonej wartości na v_1 , otrzymamy szereg wartości na $\mathfrak{J}$, (a więc odpowiednie $\mathfrak{J}_1, \mathfrak{J}_2, \mathfrak{J}_3 \ldots\ldots$). Wtedy punkty $(\mathfrak{Q}_1, \mathfrak{J}_1)$ $(\mathfrak{Q}_2, \mathfrak{J}_2)$ $(\mathfrak{Q}_3, \mathfrak{J}_3)$ i t.d. wyznaczą nam linję jednakowych prędkości.

Wiemy, że ogólnie:

$$Q = F v = \alpha . d^2 . v$$

i że

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{R . J} = \frac{100 . \varepsilon . d}{m + \sqrt{\varepsilon d}} \sqrt{J}$$

Wyrugujmy z tych równań d ; otrzymamy wówczas zależność między Q i J; z 1-go równania znajdujemy d :

$$d = \sqrt{\frac{Q}{\alpha . v}} \ ,$$

które wstawiamy w drugie równanie:

$$v = \frac{100 . \varepsilon . \sqrt{\frac{Q}{\alpha . v}}}{m + \sqrt{\varepsilon \sqrt{\frac{Q}{\alpha . v}}}} . \sqrt{J} = \frac{100 . \varepsilon . \sqrt{Q} . \sqrt{J}}{\sqrt{\alpha . v} . \left(m + \sqrt{\varepsilon} . \sqrt[4]{\frac{Q}{\alpha v}} \right)}$$

stąd :

$$100 . \varepsilon . \sqrt{Q} . \sqrt{J} = \sqrt{\alpha v^3} \left(m + \sqrt{\varepsilon} . \sqrt[4]{\frac{Q}{\alpha . v}} \right) ,$$

albo

$$100 . \varepsilon . \sqrt{Q} . \sqrt{J} = m \sqrt{\alpha} . \sqrt{v^3} + \sqrt{\varepsilon} . \sqrt[4]{\alpha . Q} . \sqrt[4]{v^5} \ldots (8)$$

Po zlogarytmowaniu tego równania zobaczymy, że zależność między $\log J$ i $\log Q$ dla jednej i tej samej prędkości już nie będzie odpowiadała linji prostej, lecz będzie to krzywa, którą można będzie wykreślić z punktów.

Dla przykładu rozpatrzymy przewód o przekroju jajowatym, dla którego :

$$\alpha = 1{,}15 \ ; \ \varepsilon = 0{,}29 \ ,$$

i jak poprzednio :

$$m = 0,35 .$$

Po podstawieniu tych wielkości w równanie (8) otrzymamy:

$$\sqrt{J} . \sqrt{Q} = 0,0128\sqrt{v^3} + 0,019\sqrt[4]{Q}\sqrt[4]{v^5}$$

albo

$$\sqrt{J} = \frac{0,0128\sqrt{v^3}}{\sqrt{Q}} + \frac{0,019\sqrt[4]{v^5}}{\sqrt[4]{Q}} \qquad (9)$$

Jeśli chcemy znaleźć krzywą prędkości $v = 1$,wówczas równanie otrzymamy:

$$\sqrt{J} = \frac{0,013}{\sqrt{Q}} + \frac{0,019}{\sqrt[4]{Q}} \qquad (9a)$$

Załóżmy teraz szereg wartości na Q , naprz. niech Q = 1 ,...... 10,....... 100 ,......m^3/sek, wówczas z (9a) znajdziemy :

J = 0,001 ...... 0,00023 ...... 0,00005 ....

Wyznaczmy teraz na wykresie szereg punktów, dla których spółrzędne są:

(1 i 0,001); (10 i 0,00023); (100 i 0,00005) i t.d.

Połączmy te punkty linją ciągłą, otrzymamy krzywą, wyznaczającą prędkość $v = 1\ m/sek$

Krzywa ta jest bardzo płaska i różni się niewiele od linji prostej; dlatego też zastępujemy ją zwykle linją prostą.

Jakkolwiek przez taką zamianę popełniamy omyłkę pewną, to jednak jest to omyłka nieznaczna; następnie, omyłka ta jest mniejszego znaczenia,gdyż przy rozwiązywanych zagadnieniach znajomość dokładnej wartości prędkości nie jest potrzebna ; znajomość prędkości odgrywa tu rolę podrzędną, tylko orjentacyjną. -

Skoro jedną linję prędkości mamy wykreśloną,znajdziemy łatwo inne, wykreślając je ∥ do pierwszej i prowadząc je każdą przez jeden punkt znaleziony bezpośrednio z obieranej wartości na v .

Aby sprawę ułatwić, przyjmijmy stałą ilość wody

$$Q = 100 \; {}^{m^3}/_{sek}$$

Wówczas z równania (9) znajdziemy:

$$\sqrt{J} = \frac{0{,}0128\sqrt{v^3}}{\sqrt{100}} + \frac{0{,}019\sqrt[4]{v^5}}{\sqrt[4]{100}} = 0{,}0013\sqrt{v^3} + \frac{0{,}19}{3{,}16}\sqrt[4]{v^5}$$

albo

$$\sqrt{J} = 0{,}0013\sqrt{v^3} + 0{,}06\sqrt[4]{v^5}$$

Podstawiamy w to równanie wartości na :

$v = 0{,}5 \; {}^{m}/_{sek}, 0{,}6$, 0,8 ,1 , 1,5 , 2 i t.d.

Znajdziemy z łatwością wartości J .

Poczem z wartości spółrzędnych :

(100, J_1); (100, J_2); (100, J_3) i t.d.

Wyznaczamy po jednym punkcie dla każdej krzywej prędkości, co da nam możność wykreślenia samych krzywych, prowadząc je równolegle do poprzednio wykreślonej.

14. Poprzednie obliczenia i wykresy dotyczyły przewodu danego typu przy całkowitem napełnieniu przewodu.

O ile przewód napełniony będzie częściowo, wtedy zarówno ilości przepływu jak i prędkości zmienią się.

Rozpatrzmy, jak można korzystać z powyższych wykresów, aby wyznaczyć ilości przepływu i prędkości w przewodzie częściowo napełnionym.

Jeśli prędkość w przewodzie całkowicie napełnionym oznaczymy przez v, wówczas w przewodzie częściowo napełnionym, przy tym samym spadku, będzie inna, naprz. v_n. Zarówno prędkość v jak i v_n znajdziemy z ogólnych znanych nam wzorów:

$$v = k.\sqrt{RJ}.$$

oraz

$$v_n = k_n \sqrt{R_n J}.$$

a stosunek

$$\frac{v_n}{v} = \frac{k_n}{k}\sqrt{\frac{R_n}{R}} ;$$

ponieważ k_n mało się, naogół różni od k, więc możemy przyjąć:

$$\frac{v_n}{v} \cong \sqrt{\frac{R_n}{R}},$$

albo

$$v_n \cong v\sqrt{\frac{R_n}{R}}.$$

W podobny sposób znajdziemy zależność wydatku Q_n w kanale częściowo napełnionym, od wydatku Q w kanale całkowicie napełnionym:

$$Q = k.\sqrt{RJ}.F ,$$

zaś

$$Q_n = k_n \sqrt{R_n J}.F_n$$

Stąd

$$\frac{Q_n}{Q} = \frac{k_n}{k}.\frac{F_n}{F}\sqrt{\frac{R_n}{R}} \quad ;$$

w przybliżeniu

$$\frac{Q_n}{Q} \cong \frac{F_n}{F}\sqrt{\frac{R_n}{R}}$$

albo

$$Q_n \cong Q\,\frac{F_n}{F}\sqrt{\frac{R_n}{R}}$$

Ogólnie możemy napisać:

$$Q_n = \phi_n Q \qquad (10)$$

i

$$v_n = \psi_n v \qquad (11)$$

Wartości spółczynników

$$\phi_n = \frac{F_n}{F}\sqrt{\frac{R_n}{R}} \quad \text{i} \quad \psi_n = \sqrt{\frac{R_n}{R}}$$

zależą z jednej strony od typu kanału i z drugiej od stopnia napełnienia kanału i dają się dość łatwo obliczyć.

Jeśli równania (10) i (11) - zlogarytmujemy, otrzymamy:

$$\log Q_n = \log Q + \log \phi_n$$

oraz

$$\log v_n = \log v + \log \psi_n$$

Stąd dostrzegamy, że z otrzymanych poprzednio wykresów możemy znaleźć odrazu $\log Q_n$ albo inaczej Q_n, jeśli do rzędnej, wyznaczającej $\log Q$ lub Q dodamy $\log \phi_n$. W podobny sposób postąpimy przy obliczeniu v_n lub $\log v_n$.

Najdogodniej będzie, jeśli wykonamy przenośną skalę logarytmiczną, której początek będziemy mogli przykładać do końca rzędnej, wyznaczającej $\log Q$, a wówczas właściwe miejsce skali, przypadające na $\log \phi_n$ wskaże wartość $\log Q_n$ względnie samego Q_n na zasadniczym wykresie.

15. Przedewszystkiem więc należy mieć dla danego typu kanału wartości spółczynników ϕ_n i ψ_n przy różnych napełnieniach. Podajemy tu już obliczone wartości ϕ_n, ψ_n i ich logarytmy: (Tablica patrz str. 28).

Przypuśćmy, że mamy przewód jajowaty, napełniony do 0,4 wysokości; odpowiednie spółczynniki z tablicy na str. 28 znajdziemy:

$$\phi_n = 0{,}26 \quad ; \quad \psi_n = 0{,}85 .$$

Typ kanału.	Napełnienie	W - y - s - o - k - o - ś - c - i									
		1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Kołowy.	dla Q φ_m	1	1,07	1	0,85	0,67	0,5	0,33	0,19	0,09	0,02
	$\log \varphi_m$	0	+0,03	0	-0,07	-0,17	- 0,3	-0,48	-0,72	-1,05	-1,7
	dla v ψ_m	1	1,14	1,15	1,13	1,08	1	0,9	0,77	0,59	0,35
	$\log \psi_m$	0	0,05	0,06	0,05	0,03	0	-0,05	-0,11	-0,23	-0,46
Jajowaty normalny.	Q φ_m	1	1,05	0,9	0,75	0,58	0,42	0,26	0,15	0,07	0,02
	$\log \varphi_m$	0	0,02	-0,05	-0,13	-0,24	-0,38	-0,59	-0,82	-1,2	-1,7
	v ψ_m	1	1,12	1,12	1,08	1,03	0,94	0,85	0,75	0,61	0,41
	$\log \psi_m$	0	0,05	0,05	0,03	0,01	-0,03	-0,07	-0,13	-0,23	-0,39
Kołowy ze żłobem.	Q φ_m	1	1,06	0,98	0,82	0,63	0,43	0,26	0,11	0,04	0,01
	$\log \varphi_m$	0	0,03	-0,01	-0,09	-0,2	-0,37	-0,59	-0,96	-1,4	-2,0
	v ψ_m	1	1,13	1,15	1,12	1,07	1	0,86	0,68	0,54	0,36
	$\log \psi_m$	0,	0,05	0,06	0,05	0,03	0	-0,07	-0,17	-0,27	-0,44

Zatem :

$$v_{0,4} = v \cdot 0,85 \quad \text{i} \quad Q_{0,4} = Q \cdot 0,26 .$$

Po wykonaniu działań znajdziemy $Q_{0,4}$ i $v_{0,4}$.

16. Zamiast wykonywania powyższych działań możemy je pominąć, logarytmując naprz. drugie równanie:

$$\log Q_{0,4} = \log Q + \log 0,26 .$$

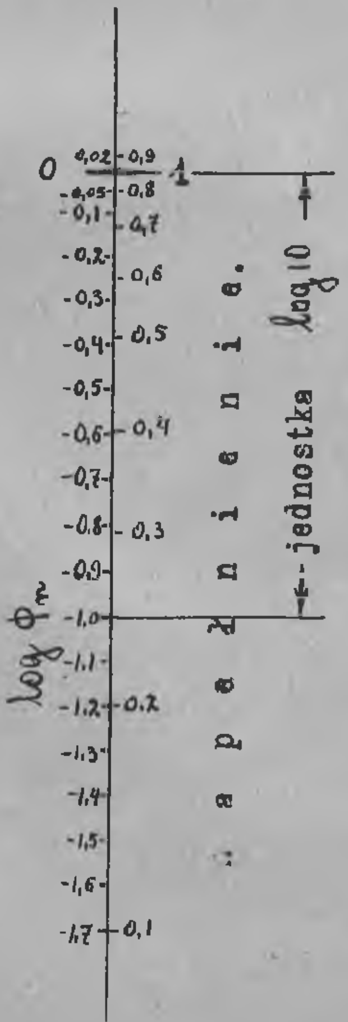
Ponieważ :

$$\log 0,26 = -0,59 ,$$

zatem należałoby na wykresie odczytywać nie Q lecz wartość, któ- ra się znajdzie niżej

0,59

Dokonamy tego łatwo, jeśli przygotujemy sobie w następujący sposób skalę przenośną. Na prostej obieramy punkt zerowy; od niego odkładamy w dół odcinek równy jednostce, w której odkładano war-



Uwaga. Długość jednostki wzięta jest na tej skali dwa razy większa niż na rys.str.20, aby otrzymać wyraźniejszy rysunek.

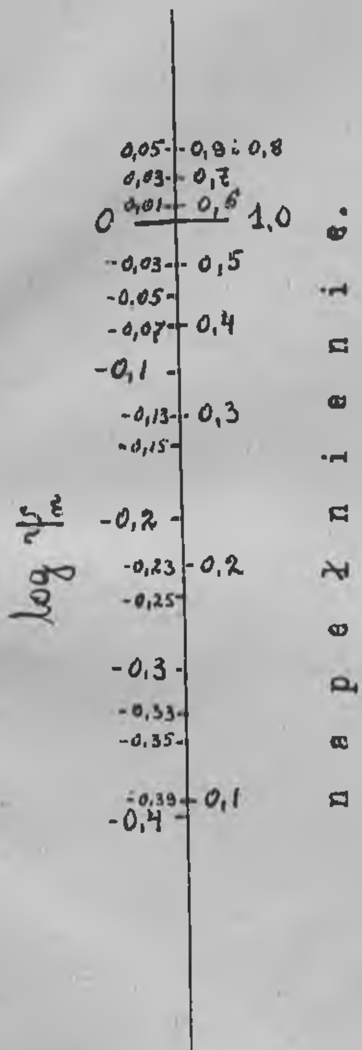
tości logarytmów na otrzymanym poprzednio wykresie. W częściach tej jednostki odkładamy wartości logarytmów φ_m, wzięte z poprzedniej tablicy dla przekroju jajowatego: dodatnie wartości ponad zerem, ujemne pod zerem. Przy każdej odkładanej wartości log. φ_m notujemy dla jakiego napełnienia wzięto tę wartość: naprz. +0,02 dla napełn. 0,9; -0,05 dla napełnienia 0,8, -0,13 dla napełnienia 0,7 i t.d.

Jeśli tak przygotowaną skalę przyłożymy do końca rzędnej Q, wyznaczającej ilość wody, przepływającej całkowicie napełnionym kanałem jajowatym tak, aby na koniec rzędnej upadła liczba 1, wówczas chcąc odczytać $Q_{0,4}$ -(wydatek przy napełnieniu 0,4) - odszukujemy na wykresie zasadniczym wartość rzędnej, kończącej się przy liczbie 0,4 skali przenośnej. Będzie to właściwy wydatek w kanale napełnionym do 0,4 wysokości. Skala ta pozostanie bez zmiany dla wszystkich wymiarów i spadków kanału jajowatego.

17. Należy jeszcze w podobny do powyższego sposób znaleźć skalę do odczytywania prędkości w kanale częściowo napełnionym. Należy tylko - jako jednostkę - przyjąć odcinek zawarty między krzywą prędkości

$$v = 1\,m \quad \text{i} \quad v = 10\,m\,,$$

gdyż $\log 1 = 0$ zaś $\log 10 = 1$



Trzeba następnie ustalić, w którym kierunku będziemy szukali długości powyższego odcinka; można go brać w kierunku poziomym między dwiema powyższemi krzywemi, a można też brać w kierunku pionowym. Przypuśćmy, że odcinek wspomniany, obieramy w kierunku pionowym. Dzielimy go na dziesiąte części i te odkładamy jako $\log \psi_m$.

Zamiast zaś $\log \psi_m$ piszemy wprost części wysokości, odpowiadające napełnieniu przewodu.

Sposób korzystania z tej skali jest taki sam, jaki był opisany przy odczytywaniu wydatku Q_m, z tą tylko, oczywiście, różnicą, że obecnie zwracamy uwagę przy odczytywaniu na krzywe prędkości i na napisy, umieszczone przy tych krzywych. -

18. Poza nomogramami, których budowę poprzednio podaliśmy, wykreślając linje krzywe albo proste, odniesione do prostokątnych osi spółrzędnych, stosować często będziemy nomogramy, w których zależności między danemi i szukanemi wielkościami są wyznaczone prostemi w układzie równoległych osi spółrzędnych.

Budowę tego rodzaju nomogramów podał d'Ocagne .

Niżej przytoczymy sposób wykreślania tych nomogramów według metody L. Bertrand'a.

19. Rzecz polega na tem, że wzory, zawierające wielkości zmienne (a właściwie ich logarytmy) w postaci linjowej, są analogiczne z pewnemi równaniami, stosowanemi w statyce.

Niech będzie dany płaski układ sił równoległych $S_1, S_2, S_3 \ldots\ldots, S_n$; niech będą znane spółrzędne punktów przyłożenia tych sił :

$$x_1, y_1 ; x_2, y_2 ; x_3, y_3 ; \ldots x_n, y_n ,$$

wówczas wiemy ze statyki, że siły tego układu mają t.zw. „środek sił". [„Srodkiem sił" nazywamy punkt, około którego obracać się będzie wypadkowa danego układu sił, jeśli te siły będą obracane około swych punktów przyłożenia o jeden i ten sam kąt i w jednym i tym samym kierunku.] Spółrzędne „Srodka sił" x_0 y_0 znajdziemy z równań:

$$x_0 = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2 + \dots S_n x_n}{S_1 + S_2 + \dots S_n}$$

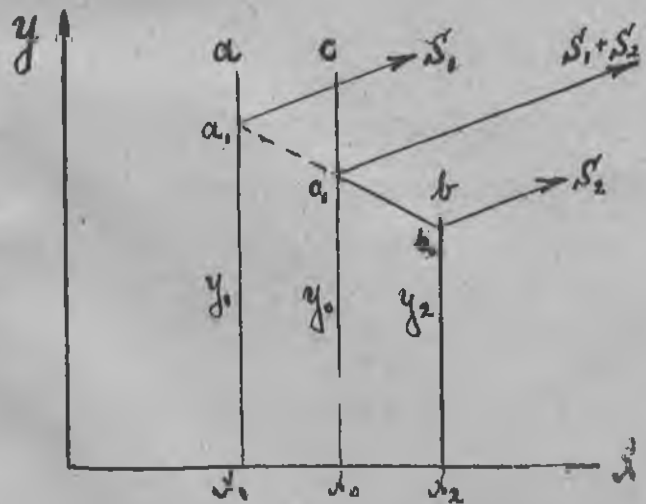
$$y_0 = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2 + \dots S_n y_n}{S_1 + S_2 + \dots S_n}$$

Jeśli wartości sił $S_1\, S_2 \dots S_n$ oraz spółrzędne punktów przyłożenia $x_1 y_1\; x_2 y_2 \dots\dots x_n y_n$ są dane, wówczas znajdziemy x_0 i y_0 .

20. Skorzystajmy z powyższych równań w przypadku dwóch tylko sił; otrzymamy :

$$x_0 = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2}{S_1 + S_2} \dots (1) \quad \text{i} \quad y_0 = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2}{S_1 + S_2} \dots (2)$$

Niech S_1 i S_2 będą dane; dla x_1 i x_2 przyjmijmy pewne stałe wartości, wówczas x_0 możemy znaleźć z równania (1) ; możemy zatem x_0 traktować jako wielkość znoną stałą. Stąd mamy, że „środek sił" powinien znaleźć się na rzędnej x_0, c .



Przypuśćmy, że dla przyjętych x_1 i x_2 obieramy jakieś wartości na y_1 i y_2, to znaczy, że przez to dane będą punkty a_1 i b_1, jako punkty przyłożenia sił S_1 i S_2; wówczas z równania (2)

$$y_0 = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2}{S_1 + S_2}$$

otrzymamy wartość y_0.

Z rysunku widzimy, że tę samą wartość y_0 otrzymamy jako rzędną punktu c_1, znajdującego się na przecięciu prostej $a_1 b_1$ z prostą $A_0 C$.

Powiemy więc, że dla znalezienia y_0, któreby odpowiadało obranym y_1 i y_2 (przy S_1, S_2, A_1, A_2 raz na zawsze przyjętych) należy przez końce rzędnych y_1 i y_2 poprowadzić linję prostą, która w przecięciu się z prostą $A_0 C$ da punkt; rzędna jego właśnie będzie szukaną wartością y_0.

Jeśli na y_1 i y_2 nadamy inne wartości naprzykład y_1' i y_2', otrzymamy w powyższy sposób odpowiednią wartość y_0' i t.d.

21. Zastosujmy powyższe rozumowania do wykreślenia nomogramu dla wzoru, dającego zależność między spadkiem jednostkowym (J), średnicą przewodu (D) i wydatkiem (Q) wody w przewodzie. Weźmy jeden ze znanych wzorów: $D^5 . J^4 = a^4 . v^7$, albo stąd:

$$J = a \frac{v^{1,75}}{D^{1,25}}$$

Wzór ten podaje A. Flamant na podstawie zbadania i porównania bardzo wielu doświadczeń, dokonanych przez poprzedników. -

Wartość spółczynnika a według A. Flamant'a należy przyjmować dla rur gładkich, dokładnie połączonych, wewnątrz równo osmołowanych:

$$a = 0{,}00074 \; ;$$

dla rur, które już były pewien czas w użyciu i zostały pokryte wewnątrz osadem,

$$a = 0{,}00092 .$$

Podany wzór można przekształcić, podstawiając zamiast

$$v = \frac{4Q}{\pi . D^2} \; ;$$

wówczas otrzymamy:

$$J = a\left(\frac{4}{\pi}\right)^{1.75}\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} = 1{,}526 . a . \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Zatrzymujemy się, dla przykładu, na tym ostatnim wzorze:

$$J = 1{,}526 . a . \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Przyjmując

$$a = 0{,}00092$$

mamy :

$$J = 0{,}0014\,\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Zlogarytmujmy ostatnie równanie :

$$\log J = \log 0{,}0014 + 1{,}75 \log Q - 4{,}75 \log D$$

albo

$$\log J - \log 0.0014 = 1{,}75 \log Q - 4{,}75 \log D \qquad (3)$$

Zestawmy ostatnie równanie zlogarytmowane z równaniem (2) :

$$y_0 = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2}{S_1 + S_2},$$

albo w innej postaci:

$$(S_1 + S_2) \cdot y_0 = S_1 y_1 + S_2 y_2 .$$

Możemy powiedzieć, że jeśli obierzemy:

$$S_1 = 1{,}75 \ ; \ S_2 = -4{,}75,$$

wówczas będzie można uważać, że:

$$(S_1 + S_2)\, y_0 = \log J - \log 0{,}0014 \qquad (4)$$

oraz

$$y_1 = \log Q \qquad (5)$$

$$y_2 = \log D \qquad (6)$$

Przy wartościach

$$S_1 = 1{,}75 \quad i \quad S_2 = -4{,}75$$

mamy

$$S_1 + S_2 = -3$$

Obierzmy jeszcze λ_1 i λ_2 na stałe, naprz.

$$\lambda_1 = 0 \qquad \lambda_2 = 5$$

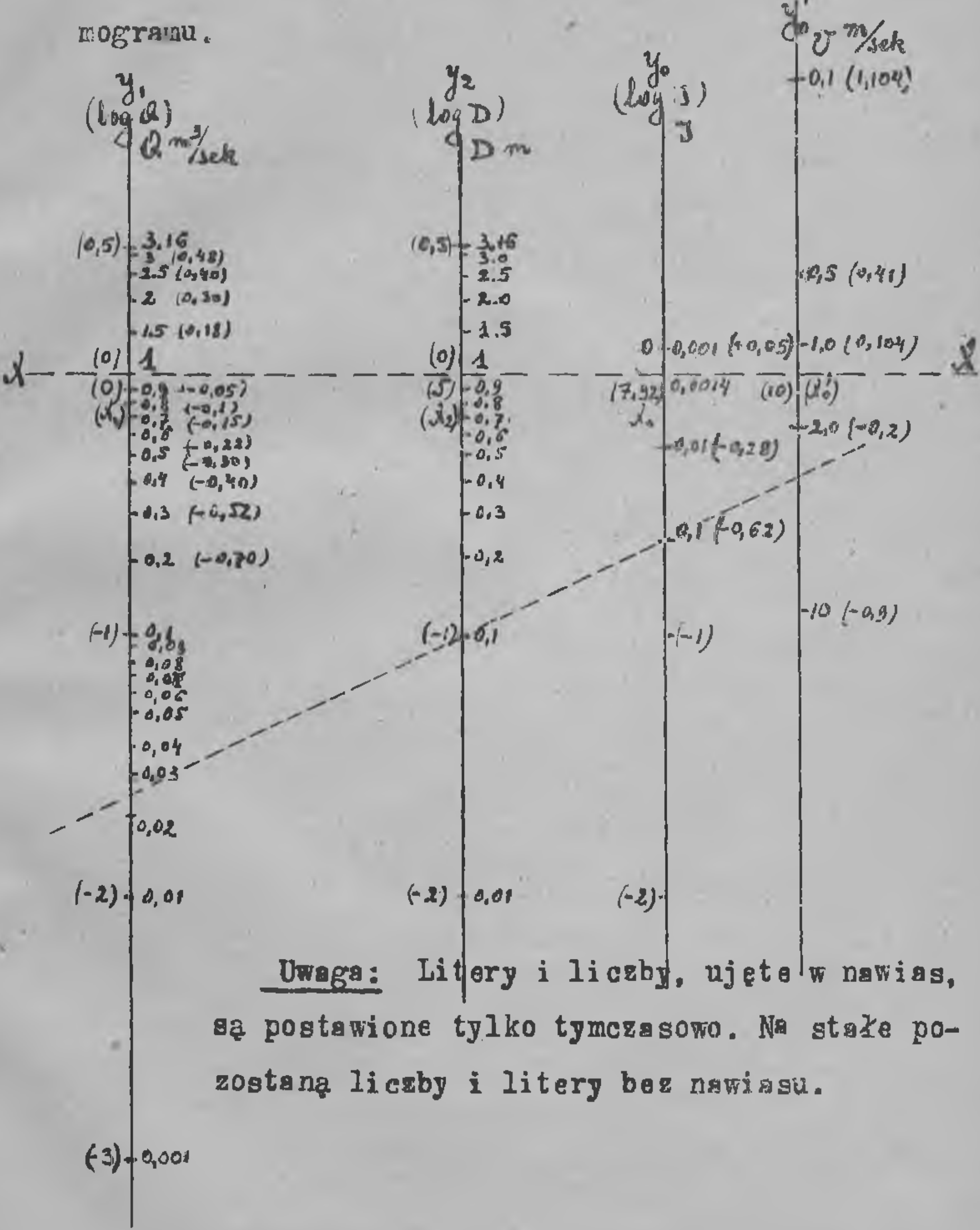
Wtedy z równania (1)

$$\lambda_0 = \frac{S_1 \lambda_1 + S_2 \lambda_2}{S_1 + S_2}$$

znajdziemy :

$$\lambda_0 = \frac{1{,}75 . 0 - 4{,}75 . 5}{-3} = 7.92$$

22. Przystąpmy teraz do wykreślenia żądanego nomogramu.



Uwaga: Litery i liczby, ujęte w nawias, są postawione tylko tymczasowo. Na stałe pozostaną liczby i litery bez nawiasu.

Na prostej poziomej $\lambda\lambda$, nakreślonej linją przerywaną jako tymczasową, obieramy początek O .

Ponieważ obraliśmy $\lambda_1 = 0$, więc rzędna siły S_1 przejdzie przez początek O; w odległości $\lambda_2 = 5$ (pewnych jednostek naprz. cm.) przejdzie rzędna siły S_2. Wówczas rzędna „środka sił" przejdzie od O w odległości 7,92 takich samych jednostek. Kreślimy na rysunku te trzy proste (y_1), (y_2), i (y_0) . Nazwiemy je osiami (y_1), (y_2), (y_0).

Żeby znaleźć podziałki, według których odczytywać będziemy odcinki na tych osiach, tak rozumujemy:

Przypuśćmy, że

$$y_1 = 0 \qquad y_2 = 0$$

wówczas z równaniami (2) mamy

$$y_0 = \frac{1{,}75 . 0 - 4{,}75 . 0}{-3} = 0 ,$$

co, zresztą, było do przewidzenia.

Ponieważ według (4)

$$(S_1 + S_2)\, y_0 = \log J - \log 0{,}0014 ,$$

więc przy $y_0 = 0$

$$\log J - \log 0{,}0014 = 0$$

albo

$$\log J = \log 0{,}0014 ;$$

czyli

$$J = 0{,}0014$$

Mamy zatem, że rzędna $y_0 = 0$ (więc przy osi λ odpowiada :

$$J = 0{,}0014 .$$

Jednocześnie z (5) mamy :

kiedy $y_1 = 0$,
$$\log Q = 0,$$
zatem
$$Q = 1.\ (m^3/sek)$$
Również z (6) widzimy: kiedy
$$y_2 = 0,$$
wtedy
$$\log D = 0,$$
zatem
$$D = 1\ (m)$$

23. Obieramy następnie pewną jednostkę dla mierzenia odcinków na osiach y. Łatwo zrozumieć, że ta jednostka nie ma nic wspólnego z jednostką dla osi λ.

Obieramy za jednostkę odcinek = 4 cm i odkładamy pod osią λ (-1) (-2) (-3) i t.d. i nad osią (0,5). Większych wartości nie odkładamy, gdyż praktycznie, jak zobaczymy, stosowane nie będą.

Ponieważ, zgodnie z (5), $y_1 = \log Q$, więc dla
$$y_1 = -1,$$
mamy
$$Q = 0,1\ (m^3/sek);$$
dla
$$y_1 = -2,$$
mamy
$$Q = 0,01\ (m^3/sek);$$
dla
$$y_1 = -3,$$
mamy
$$Q = 0,001\ (m^3/sek);$$

dla

$$y_1 = +0{,}5$$

otrzymamy

$$\log Q = 0{,}5 ,$$

więc

$$Q = 3{,}16 \ (m^3/sek)$$

W podobny sposób znajdziemy na skutek równania (6)

$y_2 = \log D$, że

dla $y_2 = 0{,}5 \ ; \ 0 \ ; \ -1 \ ; \ -2 \ ; \ -3 \ ;$

$D = 3{,}16 \ ; \ 1 \ ; \ 0{,}1 \ ; \ 0{,}01 \ ; \ 0{,}001 .$

Żeby wyznaczyć wartości Q i D dla pośrednich rzędnych naprzykład między (0) i (-1), dalej między (-1) i (-2), skorzystamy z wartości logarytmów dla liczb:

$$\log 1 = 0 \qquad \log 0{,}5 = \bar{1}{,}70 = -0{,}30$$
$$\log 0{,}9 = \bar{1}{,}95 = -0{,}05 \qquad \log 0{,}4 = \bar{1}{,}60 = -0{,}40$$
$$\log 0{,}8 = \bar{1}{,}90 = -0{,}10 \qquad \log 0{,}3 = \bar{1}{,}48 = -0{,}52$$
$$\log 0{,}7 = \bar{1}{,}85 = -0{,}15 \qquad \log 0{,}2 = \bar{1}{,}30 = -0{,}70$$
$$\log 0{,}6 = \bar{1}{,}78 = -0{,}22 \qquad \log 0{,}1 = -1 = -1$$

Według tych liczb została wykreślona podziałka na osi (y_1) dla Q między wartościami od $Q = 1$ do $Q = 0{,}1$ i przez analogję od $Q = 0{,}1$ do $Q = 0{,}01$.

W taki sam sposób należy wykonać podziałkę na osi (y_2) dla D , która niczem nie będzie się różnić od podziałki dla Q .

Podziałkę dla dodatnich wartości y_1 i y_2 otrzymamy z następującego szeregu logarytmów:

$$\log 1 = 0$$
$$\log 1{,}5 = 0{,}18$$
$$\log 2 = 0{,}30$$
$$\log 2{,}5 = 0{,}40$$
$$\log 3 = 0{,}48$$

24. Pozostaje jeszcze omówić wykonanie podziałki na osi (y_0) dla J , gdyż na tej osi ze względu na dogodność odczytywania, należy mieć podane przede - wszystkiem wartości 1; 0,1; 0,01; 0,001 ; i t.d. oraz pośrednie : 0,9 ; 0,8 ; 0,7 ; 0,09; 0,08; 0,07; i t.d.

Znajdźmy zatem, jaka wartość na y_0 odpowiada naprz. $J = 0{,}1$. W tym celu zwróćmy się do równania (4):

$$(S_1 + S_2)\, y_0 = \log J - \log 0{,}0014$$

ponieważ $S_1 + S_2 = -3$, więc

$$-3 \cdot y_0 = \log J - \log 0{,}0014$$

Jeżeli J ma być $= 0{,}1$ czyli $\log J = -1$, mamy:

$$y_0 = -\frac{1}{3}(-1-\bar{3},146) ,$$

gdzie

$$\bar{3},146 = \log 0,0014 .$$

Stąd

$$y_0 = \frac{1+\bar{3},146}{3} = \frac{1-3+0,146}{3} =$$

$$= \frac{-2+0,146}{3} = -0,62$$

Wartość $y_0 = -0,62$ jest oznaczona na osi (y_0) i obok zanotowana jest wartość $J = 0,1$.

W podobny sposób znajdziemy y_0 naprz. dla $J = 0,01$:

$$-3y_0 = \log J - \log 0,0014$$

$$y_0 = -\frac{-2-\bar{3},146}{3} = \frac{2+\bar{3},146}{3} =$$

$$= \frac{2-3+0,146}{3} = -\frac{0,854}{3} = -0,28$$

Dla $J = 0,001$ otrzymamy wartość y_0 :

$$-3y_0 = -3-\bar{3},146$$

albo

$$y_0 = \frac{3+\bar{3},146}{3} = \frac{3-3+0,146}{3} = +0,05$$

Kiedy otrzymaliśmy odcinek, dla którego J zmienia się od 0,1 do 0,01, odcinek ten zaopatrujemy w podziałkę, traktując go w taki sam sposób, jak odpowiednie odcinki na osiach (y_1), (y_2) dla Q i D, z tą różnicą, że długość odcinka jednostkowego tu jest inna, niż była tam.

25. Po wykończeniu podziałek na osiach (y_1), (y_2), (y_0) opuszczamy oś X, narysowaną linją przerywaną, liczby i litery, wzięte tymczasowo w nawias, pozostawiając tylko linje pełne i liczby bez nawiasu.

Wskażemy teraz, jak należy korzystać z tak wykonanego nomogramu. Naprz. niech będzie do znalezienia wydatek Q w przewodzie o średnicy $D = 0,1$ m kiedy strata jednostkowa $J = 0,1$. Aby znaleźć potrzebne Q, szukamy na osi D punkt z napisem 0,1 ; na osi J punkt z napisem 0,1; przez te dwa punkty prowadzimy prostą, która przetnie oś Q w punkcie, przy którym winno być napisane: 0,025 m^3/sek.

Mamy więc odpowiedź: przy danem $D = 0,1$ i $J = 0,1$

$$Q = 0,025 \ m^3/sek$$

Z tego przykładu zrozumiałe jest zastosowanie otrzymanego nomogramu w przypadkach innych, kiedy będzie dane Q i D, szukane zaś jest J i t.d.

26. Przypuśćmy, że chcemy wykreślony nomogram uzupełnić osią prędkości v .

W tym celu bierzemy znaną należność:

$$Q = \frac{\pi . D^2}{4} v \ ,$$

albo

$$v = \frac{4 . Q}{\pi . D^2} = 1{,}27 \cdot \frac{Q}{D^2}$$

Po zlogarytmowaniu znajdziemy:

$$\log v = \log 1{,}27 + \log Q - 2 \log D$$

albo

$$\log v - \log 1{,}27 = \log Q - 2 \log D$$

Zestawmy to równanie z równaniem (2)

$$(S_1 + S_2)\, y_0' = S_1 y_1 + S_2 y_2$$

Przyjmujemy, że $S_1 = 1$, $S_2 = -2$;
wtedy możemy uważać, że :

$$y_1 = \log Q \qquad (7)$$

$$y_2 = \log D \qquad (8)$$

$$(S_1 + S_2)\, y_0' = \log v - \log 1{,}27 \qquad (9)$$

Ponieważ $S_1 = 1$ i $S_2 = -2$, więc

$$S_1 + S_2 = -1$$

Obierzmy na stałe, jak poprzednio,

$$\lambda_1 = 0 \ ; \quad \lambda_2 = 5 \ ,$$

(zatem oś Q i oś D zatrzymujemy w dawnem położeniu) i z równania (1) znajdziemy:

$$\lambda_0' = \frac{S_1 \cdot \lambda_1 + S_2 \lambda_2}{S_1 + S_2} = \frac{1.0 - 2.5}{-1} = 10.$$

Znalezione $\lambda_0' = 10$ pozwala nam wykreślić położenie osi v.

Wyznaczmy na tej osi punkty, dla których $v = 0,1$ 0,2 ; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6.,0,8.,1,0.,1,5.,2,0.i t.d. m/sek

Zatrzymajmy się na kilku wartościach, kiedy naprz.

$$v = 0,1\ m/sek, \quad v = 0,5\ m/sek, \quad v = 1\ m/sek,$$

$$v = 2\ m/sek \quad \text{i} \quad v = 10\ m/sek$$

dla $v = 0,1$ z równania (9) mamy:

$$(S_1 + S_2)\, y_0' = \log 0,1 - \log 1,27 ;$$

stąd

$$y_0' = \frac{\bar{1},0 - 0,104}{-1} = \frac{-1 - 0,104}{-1} = 1,104$$

Odpowiedni odcinek $y_0' = 1,104$ odkładamy na osi v i piszemy przy końcu tego odcinka 0,1 m/sek

Dla

$$v = 0,5\ m/sek$$

z równania (9) mamy :

$$y_0' = \frac{\bar{1},699 - 0,104}{-1} =$$

$$= \frac{-1+0.699-0.104}{-1} = \sim 0.41$$

W podobny sposób dla $v = 1\ ^{m}/_{sek}$

$$y_0' = \frac{0-0.104}{-1} = 0.104$$

Dla $v = 2\ ^{m}/_{sek}$

$$y_0' = \frac{0.301-0.104}{-1} = -0.197 = \sim -0.2$$

Dla $v = 10\ ^{m}/_{sek}$

$$y_0' = \frac{1-0.104}{-1} = -0.896 = \sim -0.9$$

Następnie odcinek, zawarty między punktami gdzie

$v = 0,1$ i $v = 1$,

lub między punktami, gdzie

$v = 1$ i $v = 10$

(te odcinki powinny, oczywiście, być równe), jako jednostkę dzielimy we wskazany wyżej sposób na 10 części.

27. Co się tyczy odczytania wartości v naprz. przy odnajdywaniu średnicy D przewodu dla zadanego wydatku Q i spadku J , należy prostą, przechodzącą przez odpowiednie punkty na osiach Q i J , która, jak to już widzieliśmy, wskaże wartość D , przedłużyć do osi v ; w przecięciu osi v wspomnianą prostą otrzymamy wartość v .

28. Nieraz dla dogodniejszego i lepszego rozłożenia podziałek na poszczególnych osiach Q , D , J v

można przyjąć oś $\lambda\lambda$ nie poziomą, jak to poprzednio robiliśmy, lecz pochyloną do poziomu pod stosownym kątem. Łatwo się przekonać, że określenie położenia „środka sił" da się dokonać przy pochylonej osi $\lambda\lambda$ tak samo dobrze jak i przy poziomej.