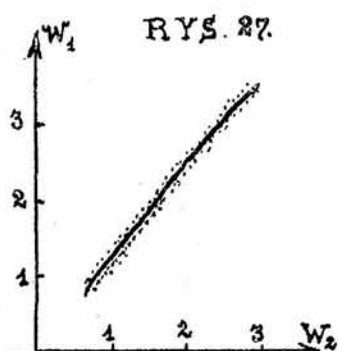


Mając do czynienia z jakimś ściekiem, rzadko zadawaliśmy się jednym wodowskazem, a najczęściej mamy ich kilka. Wówczas nie dość jest znać przebieg stanów wody na poszczególnych wodowskazach, ale trzeba poznać i wzajemny ich stosunek. Stosunek ten badamy wykreślenie, nanosząc na dwóch osiach równocześnie stany wód na obu wodowskazach. Przecięcie rzędnych i odciętych da nam szereg punktów, leżących na jednej krzywej -



o ile między wodowskazami nie ma dopływu. Krzywa ta nazywa się linją związku wodowskazów. Mając już ustalony związek między wodowskazami, na podstawie danego stanu wody na górnym z nich określić

z pewnem prawdopodobieństwem stan na dolnym, po czasie potrzebnym do przebycia przez falę odległości między wodowskazami. Czas ten zaś znajdziemy obserwując czas kulminacji przy różnych szczytach fal na kolejnych wodowskazach. Jest to prognoza wielkiej wody, o której później pomówimy.

Pomiary objętościowe.

Znajomość stanu wody stanowi dopiero podstawę, na której opierają się dalsze pomiary, przedewszystkiem zaś odnoszące się do ilości wody. Metody pomiaru są najróżniejsze.

Przy bardzo małych objętościach stosujemy:

1/Pomiar bezpośredni.

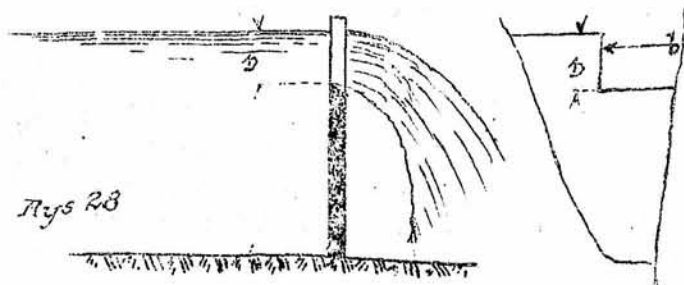
Polega on na tym, że pod wypływ wody podstawiamy naczynie o znanej objętości i liczymy czas potrzebny na zapelnienie tego naczynia. Jeżeli powierzchnia naczynia równa się f , to odpływ

$$Q = \frac{f \cdot h}{t} \text{ litrów/sek}$$

skoro f i h (głębokość naczynia) wyrazimy w decymetrach. Przy wszystkich większych objętościach chętnie używamy:

2/Pomiaruza pomocą przelewu.

Przekrój poprzeczny ścieku zamykamy ścianą, w której pozostawiamy pewien ściśle określony otwór, o ostrościętych krawędziach, dla przepływu całej objętości wody. Wysokość otworu - „ h ”; szerokość „ b ”. Przepływ wody zatem odbywa się pod wpływem ciśnienia hydrosta-



Rys 23

tycznego ośnego h . Szybkość przepływu, zależna od wysokości ciśnienia będzie wyno-

sić, według praw hydrauliki, na dnie otworu $v = \sqrt{2gh}$. Objętość przepływająca przez element przekroju będzie

skąd

$$dQ = b \cdot dh \cdot v = b \cdot dh \cdot \sqrt{2gh}$$

$$Q = \int_0^h b \sqrt{2gh} \cdot dh = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

W rzeczywistości objętość ta będzie nieco mniejsza, ze względu na kontrakcję wynikającą ze zwężenia bocznego przekroju i wyniesienia spodu przelewu nad poziom dna o_a .

Dlatego też wartość tę pomnożymy przez pewien współczynnik μ , mniejszy od jedności i otrzymujemy

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Oznaczając $\frac{2}{3}\mu$ przez m , podaje Poncelet wartość na m :

$$m = 0,423 \left[1 + 0,42 \left(\frac{h}{h+a} \right)^2 \right]$$

zaś Bazin
$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{h+a} \right)^2 \right]$$

dla $\frac{h}{h+a} < \frac{1}{15}$ wynosi $\frac{2}{3}\mu = 0,443$ i $Q = 1,96bh\sqrt{h}$; a zwykle uwzględniamy kontrakcję boczną, powodującą zwężenie strugi, zmniejszając szerokość z każdej strony o $0,2h$, wstawiamy więc zamiast b wartość $(b - 0,2h)$, tak że

$$Q = m(b - 0,2h) \cdot h \cdot \sqrt{2gh};$$

Regły podaje wyniki doświadczeń z przelewami, które pozwalają zastosować i do kontrakcji bocznej ogólną formułę Bazina; z odpowiednio zmienionym współczynnikiem m :

$$m = \left(0,405 - 0,03 \frac{B-b}{B} + \frac{0,0027}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{b}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+a} \right)^2 \right]$$

gdzie B - szerokość kanału prostokątnego, doprowadzającego.

Przy $b = B$ dostajemy wzór poprzedni.

Przy małej prędkości napływowej, co ma miejsce gdy $a \gg 10h$ lub $B \gg 10b$, pozostaje tylko pierwszy czynnik we wzorze na μ , gdyż drugi jest prawie równy 1.

O ile $B \gg 10b$ lepiej używać zamiast wyrazu $(- \frac{0,03(B-b)}{B})$ innego, niezależnego od B , a mianowicie $(- \frac{0,033}{1-b})$

Prof. Bodaszkowski podał krótki wzór teoretyczny dla kontrakcji:

$$2/3\mu = 0,41786 - 0,0284 \frac{h}{b};$$

Wyraz $2/3\mu$ na ogół waha się w małych granicach 0,42 - 0,39 (w miarę wzrastających h), tak że nie popełniamy większych błędów nad 3 - 5%.

Powyżsi badacze podają dla różnych h i b gotowe wartości na $2/3\mu$ uzyskane z ich doświadczeń. Rzadziej używane i tylko dla małych i szybko zmiennych objętości są przelewy trójkątne.

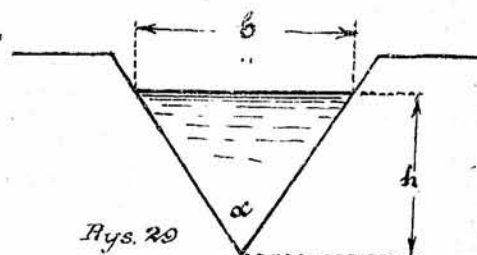
Po zcałkowaniu otrzymamy wzór

$$Q = -\frac{4}{15} \mu \cdot b \cdot h \sqrt{2gh};$$

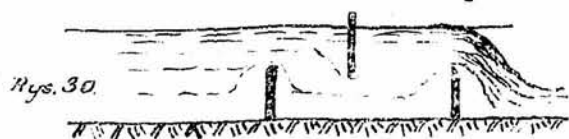
Dla $\alpha = 90^\circ$ mamy $b = 2h$ i

$$Q = 2,36 \mu h^2 \sqrt{h};$$

według zaś doświadczeń Thomsons $q = 0,014 \cdot h^2 \sqrt{h}$ litrów/s_{ek} gdy h w cm. Masa wody powinna być przed samym przelewem możliwie spokojna, dlatego dobrze jest przegrodzić przejście ścieku, powyżej przelewu, inną ścianką.



Można to skutecznie oczywiście tylko w korytach



sztucznych. Wysokość

wody powyżej prze-

lewu powinno się odczytywać na limnigrafie, którego

zero zgadza się ze spodem przelewu. Odczytujemy

wówczas zero, gdy woda wcale nie przepływa. Limni-

graf taki można skonstruować w ten sposób, że wska-

zywać będzie nie wysokości wody na przelewie, a od-

razu objętości (Patrz Eugels I, 304).

3/Wyznaczanie objętości za pomocą prędkości.

Przy większych objętościach, jedynie możliwą metodą

obliczenia objętości jest pomiar prędkości i powierz-

chni przekroju, poczem

$$Q = F \cdot u_{sr}$$

gdzie u_{sr} oznacza prędkość średnią. Wyznaczając prę-

dkość w paru punktach mamy

$$Q = \int u \cdot dF$$

Przekrój poprzeczny zdejmujemy niwelując szczegóło-

wo oba brzegi aż do zwierciadła wody. Następnie

rozpinamy nad zwierciadłem wody linkę, która ma ozna-

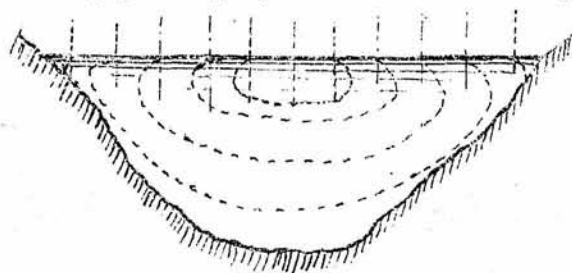
czone odległości zwykle co 1 m., i w odstępach od-

powiednich (co 1, 2, 5 m) mierzymy za pomocą sondy

głębokość. Sonda jest to łata z podziałką decyme-

trową, zakończona u spodu talerzem, ażeby nie zagłę-
biała się w dno.

Przy mniejszych i płytkich przekrojach możemy dno rzeki zniwelować bezpośrednio. Zwierciadło wody oznaczamy z ubu stron palikami, zaniwelowanymi i mierząc wzniesienie głowy pala nad zw.w. Pomiar ten powtarzamy w ciągu dalszych czynności kilka razy, ażeby się zorientować, czy poziom wody nie ulega jakim wahaniom. Odczytujemy również kilkakrotnie i najbliższy wodowskaz, o ile pomiary trwają czas dłuższy. Przystępując do pomiaru prędkości wody musimy sobie zdać sprawę jakim zmianom ona ulega w stosunku do poszczególnych punktów przekroju. Otóż istniejące pomiary pouczają, że prędkości zmieniają się tak w stosunku do

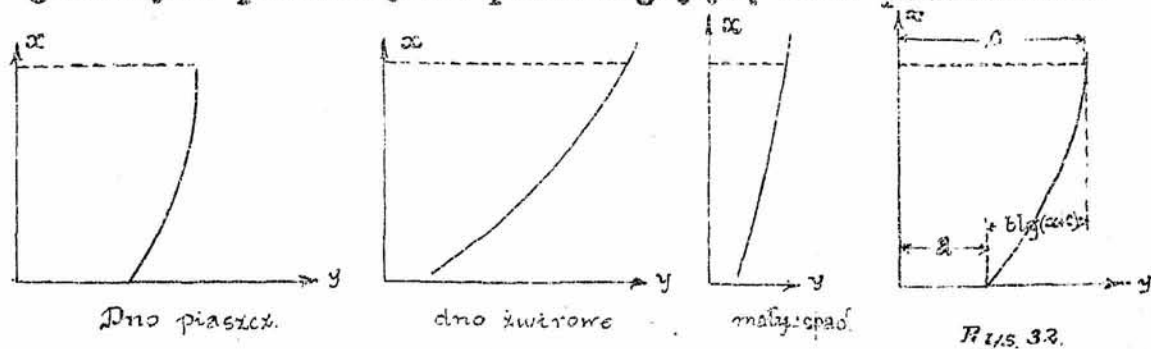


Rys. 31.

głębokości, jak i w stosunku odległości od brzegów. Jeżeli na rysunku przekroju połączymy linią krzywą punkta

o jednakowej prędkości, to spostrzeczemy, że największe szybkości w nurcie znajdują się zwykle na środku ścieku i tuż pod powierzchnią, zmniejszając się zaś w miarę zbliżania się do brzegów i do dna. Zachodzi zatem konieczność zmierzenia prędkości w różnych punktach przekroju. Czynimy to zwykle w ten sposób, że, mając zdjęty i narysowany przekrój poprzeczny, dzielimy go pionowo na paski o mniejwięcej różnej

głębokości, względnie jednostajnie zmiennej głębokości i w środku każdego paska mierzymy prędkość na jednej pionowej, w różnych głębokościach. Odkładając następnie głębokości na rzędnych, a prędkości na odciętych, otrzymamy krzywą prędkości pionowych, w regularnych przekrojach przebiegającą dość prawidłowo.



Próbowano wypośredkować, na podstawie szeregu pomiarów, matematyczny kształt krzywej pionowej. Tak np. Belte znalazł na Warcie kształt krzywej logarytmicznej o równaniu: $y = a + b \cdot \lg (x + c)$. Na Odrze lepiej przystosowuje się kształt krzywej eliptycznej z górnym odcinkiem prostej, w innych jeszcze kształt paraboli i t.d. Zbyt wiele jednak jest odchyleń i zmian w przekroju, ażeby na matematycznych wzorach opierać obliczenia. Próbowano również, przy najładniej przekrojach regularnych, znaleźć związek ze zmianą prędkości w kierunku poziomym i na tej zasadzie oprzeć teoretyczny wzór na średnią prędkość przepływu. Badania te mają swe znaczenie dla poznania prawideł ruchu wody, ale praktycznego zastosowa-

nia żadnego, wobec wielkiej zmienności stosunków w przekroju. Samo obliczenie objętości uskuteczniamy w dwojaki sposób:

1/Metoda Culmanna.

Wykreślamy wspomniane powyżej krzywe różnych prędkości w przekroju. Następnie planimetryjemy powierzchnie zawarte pomiędzy dwiema sąsiednimi linjami i mnożymy przez średnią prędkość z obu linii. Wówczas suma tych iloczynów da nam całą objętość

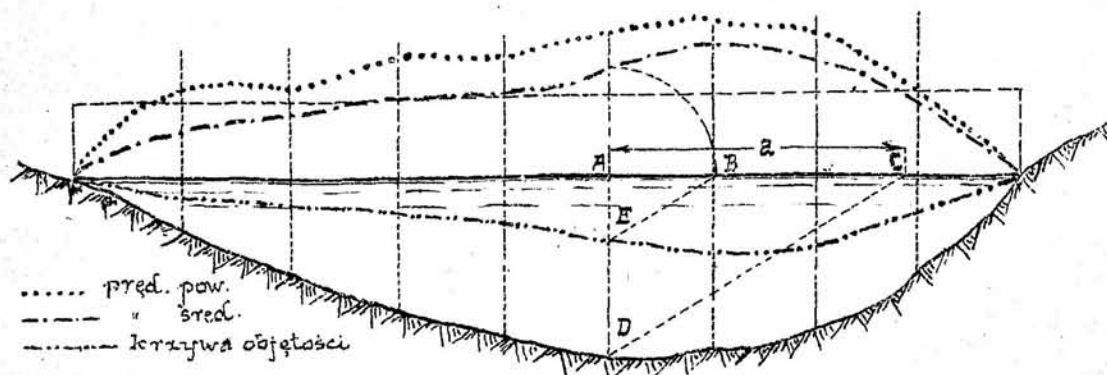
$$Q = u_1 \cdot f_1 + u_2 \cdot f_2 + \dots + u_n \cdot f_n;$$

2/Metoda Harlachera.

W każdej pionowej obliczamy średnią prędkość w ten sposób że powierzchnię zawartą między krzywą prędkości a pionową dzielimy przez głębokość:

$$\frac{\text{pow. (abcd)}}{h} = u$$

lub też zamieniamy graficznie powierzchnię prędkości na prostokąt, którego podstawa będzie średnią prędkości.



Tak otrzymane prędkości średnie w pionowych odcinamy na odpowiednich rzędnych przekroju poprzecznego, w górę od zwierciadła wody. Powierzchnia ta zamieniona na prostokąt, da nam odrazu prędkość średnią jako wysokość.

W przekroju jednostajnym prędkość ta pomnożona przez powierzchnię przekroju daje nam odrazu objętość. W przekrojach jednak o zmiennych głębokościach i bardzo różnych prędkościach, sposób ten nie jest dokładny. Ścisłe liczby otrzymamy, jeśli powierzchnię każdego paska pomnożymy przez odpowiednią prędkość średnią w pionowej, wówczas

$$Q = \int u \cdot h dx$$

Obliczenie to możemy wykonać graficznie. Obieramy dowolny odcinek „a” i odcinamy go, kolejno dla każdej pionowej na zwierciadle wody. Np. od punktu A do C, tak że $AC = a$. Następnie odkładamy w tę samą stronę $AB = AK = u$ (prędkości w danej pionowej). Łączymy C z punktem D na dnie tej pionowej i prowadząc BE równoległą do CD, otrzymujemy punkt E. Jest to punkt t.zw. krzywej objętościowej, a to na następującej zasadzie:

$$\triangle ACD \sim \triangle ABE$$

stąd

$$AE : h = u : a$$

$$\begin{aligned} i \quad AE &= \frac{h \cdot u}{a} \\ \text{zatem} \quad AE \cdot dx &= \frac{u \cdot h \cdot dx}{a} = \frac{dQ}{a} \end{aligned}$$

$$\text{zatem} \quad \frac{Q}{a} = \int AE \cdot dx$$

Ta całkazaś jest powierzchnią otrzymanej krzywej objętościowej. Planimetrując ją zatem i mnożąc przez „a” (z uwzględnieniem skali), otrzymujemy objętość Q.

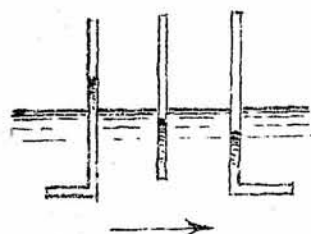
Jeżeli w czasie pomiaru szybko zmienia się stan wody to każdą pionową będziemy mierzyć przy innym stanie. Wówczas możemy obliczyć objętość tak jak ją zdjęliśmy, tylko musimy wypróbować stan wody do jakiego pomiar odnieść należy. Stan ów będzie:

$$h = \frac{h_1 u_1 f_1 + h_2 u_2 f_2 + \dots}{Q}$$

Przy pomiarach tego rodzaju obliczamy osobno stosunek prędkości na powierzchni do prędkości średniej, aby mieć te dane na wypadek, gdy tylko prędkość powierzchniową możemy zmierzyć. Obliczamy to graficznie lub z wzoru:

$$\frac{\sum f \cdot u_p}{\sum f \cdot u_s}$$

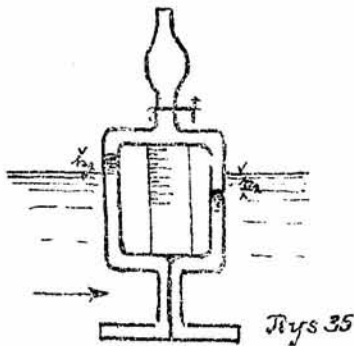
Pomiary prędkości przy pomocy rurek Pitota.



rys 34

Ta metoda pomiaru prędkości polega na następujących doświadczeniach Pitota: w rurce zagiętej pod prąd, występuje podwyższenie się zwierciadła wody, proporcjonalne do kwadratu prędkości.

Teoretycznie: $h = \frac{u^2}{2g}$ (h - różnica poziomów zwierciadła w rurce i odpływie). W rurce nie zagiętej lub zwróconej zagięciem w stronę prądu, zwierciadło wody obniża się. Chcąc zmierzyć prędkość, łączymy dwie



ciw prądowi i na odpowiedniej skali odczytujemy różnicę poziomów zwierciadeł: $h = h_1 - h_2$ wtedy: $u = k\sqrt{2gh}$; Współczynnik k zależy od oporów w rurkach i od wpływu, jaki wywiera ssanie na obniżenie poziomu zwierciadła

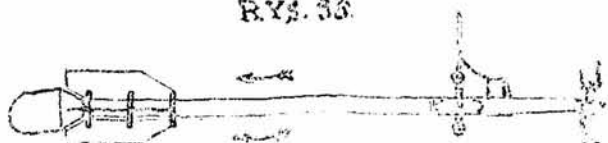
w rurce. Współczynnik ten dla każdej rurki wyznacza się doświadczalnie; wartość jego waha się od 1,01 do 1,37, a średnio wynosi 1,15. Ponieważ wzniesienie zwierciadła jest zwykle bardzo nieznaczne i skutkiem tego odczytywanie różnicy poziomów w sąsiedztwie zwierciadła wody w odpływie jest utrudnione, przeto podnosimy słupy wody wysysając powietrze ponad zwierciadło wody w rurce i zamykając kurek. Gdy prędkość wody jest mała, ponad zwierciadłem wody w rurce zwróconej zagięciem pod prąd, umieszcza się słupek oliwy skutkiem małego ciężaru, właściwego oliwy, różnica poziomów wzrasta.

Pomiary przy pomocy młynków.

Młynki są to najczęściej używane przyrządy do mierzenia prędkości. Prototypem młynków jest t.zw. skrzydełko Woltmanna. Skrzydełko w kształcie śruby okrętowej osadzone jest na osi; jeżeli oś ułożymy równoległa do kierunku ruchu wody, to skrzydełko obraca się wraz z osią, przytem między prędkością obrotową osi i prędkością wody zachodzi ścisły związek. Jeżeli więc oś połączymy z aparatem notującym ilość obrotów osi to będziemy mogli również zdać sobie sprawę z prędkości wody. Po pewnej liczbie obrotów młynek daje sygnał. Dawniej stosowano sygnalizację akustyczną, która polegała na tem, że na osi znajdowała się śruba bez końca, ta poruszała kółko zębate, które z kolei co pewną ilość obrotów osi, a po pełnym swoim obrocie, wprawiała w ruch młoteczek od dzwonka. Obecnie stosuje się sygnalizację elektryczną: na kółku zębatem umieszczony jest sztyfcik, który po pełnym obrocie kółka, dotyka sprężynki połączonej z przewodem elektrycznym i włącza prąd, wtedy dzwonek zaczyna działać i sygnalizuje obserwatorowi pełny obrót kółka, który odpowiada wiadomej liczbie obrotów osi. Przy pomocy odpowiednio zbudowanego chronometru t.zw. skopera, obserwator notuje czas między jednym i drugim sygnałem dzwonka i w ten spo-

sół określa czas obrotu osi młynka. Młynek osadza się

Rys. 33



albo na specjalnym
pręcie i podnosi
się przy pomocy lin-

ki, przewiniętej przez liczydło do odczytywania głębokości, albo też wprost wieszona się na linie; w tym drugim wypadku przyrząd musi być dość ciężki, aby nie był narazony na poruszenie przez prąd. Jest bardzo wiele typów młynków; najczęściej używane bywają młynki t. zw. kieszonkowe, uniwersalne i torpedowe. W ostatnich czasach zaczęto stosować młynki szczelnie zamknięte. Oś kółka ząbatego nie jest złączona z osią młynka i zostaje wprowadzona w ruch przy pomocy magnesów. Gdy młynek osadzony jest na sztaludze, to w poprzek rzeki budujemy pomost, na nim odmierzamy położenie pionowych i w poszczególnych pionowych mierzymy prędkość na różnych głębokościach. Jeżeli mamy do czynienia z dużą rzeką, to rozpinamy linkę i wzdłuż niej przesuwamy pomost pływający złożony z dwóch łodzi, połączonych deskami dla umożliwienia swobodnego przepływu wody. Na bardzo wielkich rzekach używa się specjalnego statku, ustawianego z brzegu przy pomocy tachymetru. Młynkami wiszącymi dokonujemy pomiarów albo z istniejących mostów, albo też ze statków, o ile mamy do czynienia z bardzo wielkimi głębokościami.

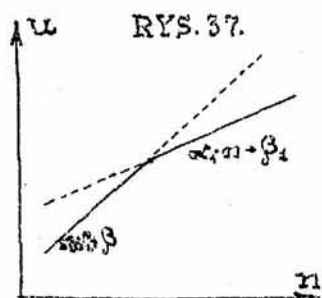
Do Należytego zdania sobie sprawy z rozkładu prędkości na pienie, konieczny jest pomiar conajmniej w czterech jego punktach. Jeżeli prędkość zmienia się bardzo nieregularnie, to trzeba dokonać więcej pomiarów. Ruch wody nigdy nie jest zupełnie regularny, ale mniej lub więcej zmienny w czasie i dlatego, jeżeli w tym samym miejscu dokonamy szeregu pomiarów, to dostaniemy zawsze inną prędkość. Aby uzyskać prędkość jaknajbardziej zbliżoną do rzeczywistej średniej, dokonywamy szeregu pomiarów i bierzemy średnią arytmetyczną z otrzymanych danych. Zasadniczo w każdym punkcie należy dokonać conajmniej trzech pomiarów. Robiąc pomiar, opuszczamy młynek na dno mierzymy prędkość i odczytujemy liczydło, następnie wyciągamy młynek tak, aby os jego zrównała się ze zwierciadłem wody i znów odczytujemy liczydło, w ten sposób mierzymy głębokość następnie opuszczamy młynek tak, aby skrzydełka śruby całkowicie skryły się pod wodą i znów mierzymy prędkość. Przestrzeń między temi dwoma punktami dzielimy na tyle części, ile punktów pomiaru chcemy mieć, a wskazówkę co do tego daje nam różnica prędkości pod powierzchnią i nad dnem; im ta różnica jest większa tem więcej potrzeba punktów pomiaru. Tak samo ilość pionowych w przekroju zależy od zmienności głębokości i od szerokości koryta. Z pomiaru prowadzimy pro-

tokół według następującego wzoru:

Nr płó- no- wej	Głębok. $O_1 - O_2 + a$	Głębok. pod zw. wody	Ilość obrotów n	Czas sek. t	Σn	Σt	$\frac{\Sigma n}{\Sigma t}$	U w a g i
1	5,85	1	0,05	250	92,5			0,1 O_2 są to odczyty na liczydło, a - wyso- kość osi młynka nad dnem w naj- niższym po- łożeniu.
			•	250	98,5	750	287	
				250	96,0		287	
		2	0,55	250	110,0			
				250	108,5	750	330	
				250	111,5		330	
			
		3	
			
2	6,05	1	

Pomiar młynkiem daje ilość obrotów na sekundę; z tej wielkości otrzymamy prędkość, odnajdując doświadczalnie związek między ilością obrotów i prędkością. Do tego celu urządzone są specjalne stacje. W stacji takiej znajduje się kanał o długości kilkudziesięciu metrów, nad nim porusza się wózek, do którego przyczepiony jest młynek.

Dokonywa się szeregu jazd notując prędkość wózka i ilość obrotów młynka; następnie na osi odciętych odkłada się ilość obrotów, a na osi rzędnych - prędkość i w ten sposób otrzymuje się szereg punktów, leżących zwykle w przybliżeniu na dwóch prostych o równaniach: $u = \alpha_1 n + \beta_1$; $u = \alpha_2 n + \beta_2$; a więc do



pewnej wartości u bierzemy pod uwagę współczynniki α_1, β_1 powyżej zaś tej wartości $u = \alpha_2, \beta_2$. Oznaczwszy graficznie tę granicę można przy pomocy teorii naj-

niejszych kwadratów wyliczyć stałe dla obu części pomiarów według następujących wzorów:

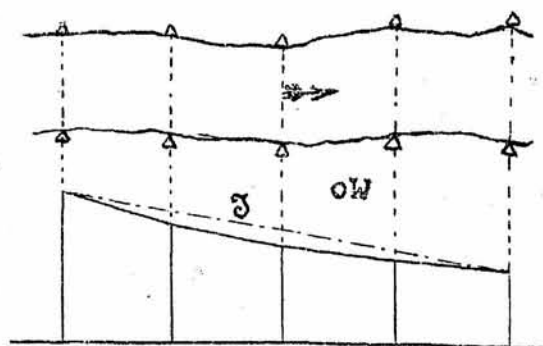
$$\alpha = \frac{m \sum (n \cdot u) - \sum (n) \sum (u)}{m \sum (u^2) - [\sum (n)]^2}; \quad \left. \begin{array}{l} u - \text{prędkość} \\ n - \text{ilość obrotów} \end{array} \right\} \text{obserwowane}$$

$$\beta = \frac{m \sum (u) \sum (n^2) - \sum (n) \sum (n \cdot u)}{m \sum (u^2) - [\sum (n)]^2}; \quad m - \text{ilość spostrzeżeń}$$

W ten sposób określone współczynniki należy sprawdzić od czasu do czasu.

Przy pomocy wzoru $u = \alpha n + \beta$, przeliczamy ilość obrotów młynka na prędkość, a gdy tę już mamy to możemy przejść do objętości przy pomocy sposobów poprzednio podanych. Dla pomiaru objętości prawie zupełnie obojętny jest kształt koryta, byleby tylko prędkości były możliwie regularne, nie było ruchów wirowych oraz

prądów wstecznych. Jeżeli jednak chcemy wykonać pomiary do poważniejszych studjów, np. do wyznaczenia współczynników we wzorach na prędkość, do badania oporu i t.p., wtedy do pomiarów należy wybrać taką przestrzeń rzeki, na której, na pewnej przynajmniej długości, woda przepływa ruchem jednostajnym lub bardzo do niego zbliżonym. Chcąc się przekonać, czy koryto odpowiada tym warunkom, należy dokładnie zniwelować zwierciadło wody po obu brzegach, a jeżeli można to i w nurcie, na długości równej podwójnej szerokości koryta w obie strony. W miejscu badanym koryto winno być proste. Po obu stronach koryta utrwa-



RYS. 38

lamy po pięć punktów (wbijając paliki) równo ze zwierciadłem wody; następnie niwelujemy te punkty i wykreślamy profil, który pozwoli nam się zorientować, czy spadek jest w przybliżeniu jednostajny.

Styczna w dowolnym przekroju określi miejscowy spadek, w tym zaś wypadku miarodajny będzie spadek otrzymany po połączeniu prostą skrajnych punktów profilu. Należy zwrócić uwagę, że przy pomiarach u ujścia rzek, gdzie na ruch wody mogą wpływać przypływy i od-

plywy, używa się młynków o podwójnych kontaktach, mogących notować również wsteczne ruchy, oraz ze dla uniknięcia przewodzenia elektryczności przez wodę słoną, młynek bywa wypełniany naftą.

Pomiar prędkości powierzchniowej.

Czasem dla przybliżonych obliczeń lub gdy w danym miejscu mamy wyznaczony stosunek prędkości średniej do prędkości powierzchniowej, możemy poprzestać na zmierzeniu tej ostatniej. To ograniczenie zaoszczędza bardzo wiele urządzeń i czasu. Do tego celu najczęściej bywają używane pływaki. Pływaki są to deseczki okute lub też drążki unoszące się na powierzchni i dobrze widoczne z oddali. Pływak nie powinien być ani za bardzo ciężki, ani też zbyt lekki. Zbyt ciężki pływak z początku płynie za wolno, potem za prędko, zbyt lekki zaś poddaje się za dużo działaniu wiatru. Ta przestrzeń rzeki, na której dokonywa się pomiaru, powinna posiadać bieg wody jednostajny, koryto powinno być proste i mieć jednostajny spadek, a więc spadki zwierciadła i dna powinny być jednakowe. Chcąc zmierzyć prędkość powierzchniową, wytyczamy dwa przekroje, w odległości co najmniej 100 m. jeden od drugiego. W górnym przekroju puszczamy pływak i oznaczamy w sekundach czas t przejś-

cia pływaka do przekroju dolnego wtedy: $u = \frac{1}{t} - (1 - \text{odległość przekrojów})$.

Według Flamant'a: $\frac{u_{\text{śred.}}}{u_{\text{pow.}}} = 0,8$ do $0,85$ przy zwykłych korytach, a przy głębokich dochodzi do $0,9$. Według

Engelsa: $\frac{u_{\text{śred.}}}{u_{\text{pow.}}} = \frac{6}{7}$.

Ficher odróżnia stosunek prędkości średniej do prędkości powierzchniowej średniej i do prędkości powierzchniowej maksymalnej i podaje wzór:

$$u_{\text{sr.}} = \alpha \cdot u_{\text{pow.}} + \beta \cdot u_{\text{pow.}}^2$$

$$u_{\text{sr.}} = \alpha_1 \cdot u_{\text{pow. max.}} + \beta_1 \cdot u_{\text{pow. max.}}^2$$

przyczem w odpowiedniej tabeli uwzględnia wpływ rodzaju łóżyska i głębokości.

$$\alpha = 0,784 \text{ do } 0,945$$

$$\alpha_1 = 0,463 \text{ do } 0,737$$

$$\beta = 0,00121 \text{ do } 0,00022$$

$$\beta_1 = 0,00086 \text{ do } 0,00015$$

Matakiewicz na zasadzie dokonanych pomiarów uzależnia ten stosunek do średniej głębokości $h_{\text{sr.}}$ i spadku I , wyrażonego w promillach ‰.

$$\frac{u_{\text{śred.}}}{u_{\text{pow. max.}}} = 0,59 + 0,02h_{\text{sr.}} + \frac{0,006}{16700} I$$

Błąd wynosi 10% lub 0,2 m/sek.

Wreszcie Murphy podaje następującą tabelę, ułożoną na podstawie badań przeprowadzonych w Ameryce; liczby wyrażają stosunek

$h_{\text{sr.}}$	kanały sztuczne	kanały z cegły	kamień łamany	kanały ziemne
0,3m	0,85	0,83	0,77	0,65
0,6	"	"	0,79	0,71

h_{sr}	kanały sztuczne	kanały z cegły	kamień łamany	kanały ziemne
0,9 m.	0,85	0,83	0,80	0,73
1,2 "	"	"	0,81	0,75
1,5 "	"	"	"	0,76
1,8 "	"	0,84	"	0,77
3,0 "	"	"	0,82	0,78
6,0 "	"	"	"	0,80

Pomiary objętości przy pomocy temperatury.

Jeżeli mamy do czynienia z dwoma niewielkimi potokami, w których temperatury wody różnią się dość znacznie, wtedy, mając objętość w jednym z nich, możemy ją obliczyć w drugim, w myśl następującego równania -

$$\begin{array}{c}
 q_1, t_1 \\
 \swarrow \quad \searrow \\
 q, t \quad q_2, t_2
 \end{array}
 \quad
 \begin{aligned}
 q_1 t_1 + q_2 t_2 &= q_1 t + q_2 t; \quad q_1 (t_1 - t) = q_2 (t - t_2) \\
 q_1 &= q_2 \frac{t - t_2}{t_1 - t}
 \end{aligned}$$

Jeżeli więc zmierzmy q_2, t, t_1, t_2 to znajdziemy i q_1 ;

Gdybyśmy mieli q to q_1 i q_2 określimy ze wzorów:

$$q_2 = q \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}; \quad q_1 = q - q_2;$$

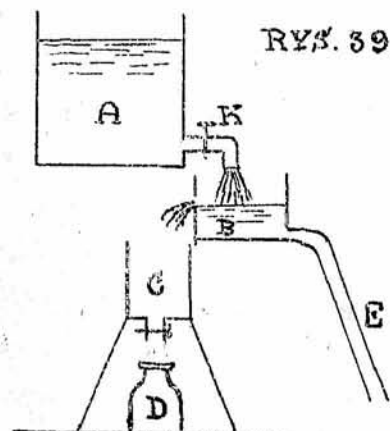
Pomiar objętości metodą chemiczną.

W małych ściekach o bardzo nieregularnym a wartkim biegu stosuje się często metodę chemiczną.

Wiadomo np., że roztwór soli kuchennej NaCl , pod działaniem chromianu potasu KCrO_3 zabarwia się na żółto, jeżeli do otrzymanego związku dodamy azotanu srebra AgNO_3 to otrzymamy osad biały chlorku srebra, a po strąceniu wszystkiego chloru - brunatny chromian srebra. Przygotowujemy zatem trzy roztwory:

- 1/ w 1 litrze H_2O 300 gr. NaCl
- 2/ " " " 1,5-2gr. AgNO_3
- 3/ " " " 50 gr. KCrO_3

Nad brzegiem rzeki umieszcza się naczynie A o znanej pojemności: np. 200 litrów, naczynie to napelnia się



RYS. 39. roztworem soli, który przez kran K wlewa się do naczynia B, skąd przez rurkę E, dostaje się do wody. Poziom cieczy w naczyniu B powinien być stały aby roztwór dochodził do rzeki pod stałym ciśnieniem. Nadmiar roztworu prze-

lewa się do naczynia C, a z tąd do D. Najpierw zbada się, ile roztworu AgNO_3 trzeba do strącenia chloru z wody surowej przed wpuszczeniem roztworu soli. (N_0). Teraz doprowadza się do wody roztwór soli, ilość doprowadzoną na sekundę oznaczamy przez q_1 ; Na strącenie chloru z litra skoncentrowanego roztworu soli trzeba pewną ilość (N_1) roztworu AgNO_3 ;

Skoro będziemy pewni, że nastąpiło dokładne wymieszanie roztworu z wodą, bierzemy znów próbkę i przekonujemy się, że teraz potrzeba innej ilości (N_2) $AgNO_3$, aby cały chlor strącić. Stąd obliczamy objętość według wzoru: $Q = q \cdot \frac{N_1}{N_2 - N_0}$. Zwykle roztwór soli wlewamy w takim miejscu rzeki, aby woda, wraz z roztworem przeszła przez turbinę, koło Peltona i t.p. i przez to nastąpiło dokładne wymieszanie się roztworu z wodą. Metoda chemiczna jest bardzo dokładną, błąd nie dochodzi do 2%. Szczególnie nadaje się do pomiarów objętościowych w górskich potokach, gdzie dno nierówne i kamieniste nie pozwala na dokładne zdjęcie profilów i stosowania innych metod.

Pomiary przy pomocy przepony.

W ostatnich czasach w regularnych kanałach zaczęto stosować pomiary objętości przy pomocy przepony. Wzdłuż kanału, na szynach umieszczonych po obu brzegach kanału przesuwają się wózek z przeponą płócienną, rozciągniętą na ramie, ściśle dopasowanej do przekroju kanału. Ciśnienie wody wprawia w ruch przeponę z prędkością średnią dla całego przekroju. Mierząc drogę i czas, w jaki ją wózek przebył, znajdziemy i prędkość średnią, a stąd i objętość: $Q = uF$.