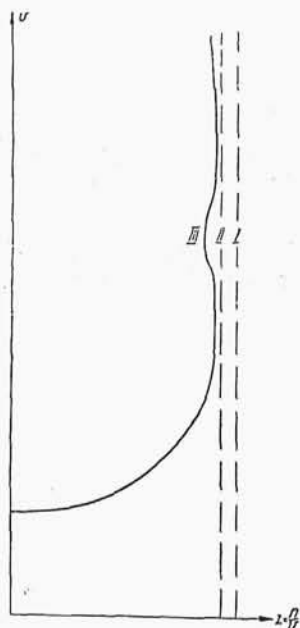


1. Przy małych prędkościach wpływy tarcia w łożyskach i wiry tworzące się na krańcu śruby oddziałują względnie dość silnie. Wynika z tego zmniejszenie się ilości obrotów w stosunku do liczby idealnej.

2. Z rysunku 292 widoczne jest jeszcze inne zakłócenie, które zmniejsza się przy zwiększającej się prędkości. Według krzywej II ilość obrotów młynka, umieszczonego na rurze o pewnej grubości, pozostaje mniejsza od wartości idealnej (wyrażonej linią I), która dotyczy młynka umocowanego na rurze nieskończenie cienkiej. Stosunkowo gruba rura wywołuje zaburzenia, które powodują zmniejszenie się ilości obrotów młynka.



Rys. 293.

Zaburzenia w krzywej cechowania młynka hydrometrycznego, występujące przy dużych prędkościach.

3. Jeśli przeprowadzać cechowanie młynka w kanale o niewielkiej głębokości (około 1 m), to występuje dodatkowe jeszcze, prócz wymienionych, zaburzenie powodujące wybrzuszenia krzywej (krzywa III na rys. 292). Ponieważ przy przeprowadzaniu cechowania w kanale przy tej samej głębokości i w podobnych warunkach, lecz przy umieszczeniu młynka na rurze poziomej, wybrzuszenie to prawie znika, można wnioskować, że omawiany rodzaj zaburzenia wywołany jest głównie rurą pionową, do której przymocowany jest młynek.

4. Często przy dużych prędkościach (powyżej 4 m/sek, a czasami już przy 3 m/sek) obserwuje się wgłębienie linii n w kierunku osi v (rys. 293). Zaburzenie to nie ma żadnego związku z wymienionym pod 3) i występuje tylko przy prędkości większej.

Przy cechowaniu należy zwrócić uwagę na wymienione powody zmniejszania się ilości obrotów i wyznaczyć wielkość poszczególnych odchyłek lub odpowiednie współczynniki.

2. Błędy przy pomiarach młynkowych.

Dokładność pomiaru młynkowego zależy od następujących czynników:

1) Od wyboru miejsca. W profilu powinien istnieć ruch jednostajny.

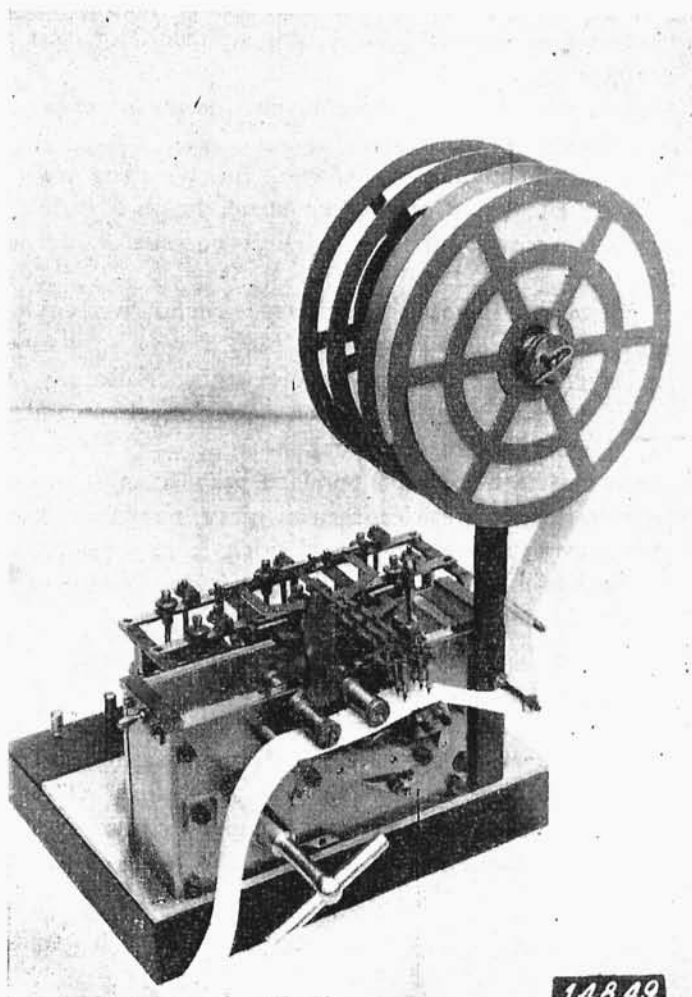
2) Od pomiaru czasu. Gdy stoper ma podziałkę z dokładnością do $\frac{1}{5}$ sek,

błąd odczytów

czasu wyniesie $\pm 1\%$ $\pm 0,5\%$ $\pm 0,33\%$ $\pm 0,17\%$

przy długości

trwania pomiaru 20 sek 40 sek 60 sek 2 min



Rys. 294.
Chronograf.

Stoperzy nowszej konstrukcji (rys. 173) mają podziałki co $\frac{1}{10}$ sek, wskazując czas z dokładnością do $\frac{1}{30}$ sekundy. Chronografy (rys. 294) dają wskazania z błędem do 0,01 sekundy i mogą notować

jednocześnie wyniki badań kilkunastu młynków. Należy stosować przyrządy automatyczne do notowania czasu, gdyż w ten sposób zwiększa się dokładność pomiaru.

3) Wreszcie dokładność pomiaru zależy od błędów spowodowanych:

- a. zmianą kształtu skrzydełka; należy skrzydełko stale porównywać z jego odlewem gipsowym,
- b. błędem cechowania; dziś cechuje się z dokładnością od 0,001 do 0,004 m/sek,
- c. błędem odczytu w poszczególnych punktach; nie powinien on być większy niż $\pm 0,5\%$,
- d. ustawieniem młynka nie równoległe do strug wody; nawet jeśli się zna kąt α nachylenia strug, to prędkość jest mniejsza niż $(v \cos \alpha)$; odchyłki od linii cosinusów dochodzą do 30% dla $\alpha = 40^\circ \dots 60^\circ$ *),
- e. stopniem burzliwości; burzliwość ruchu wody wpływa na zmniejszenie wyników pomiaru; błąd można sprostować mnożąc wynik przez pewien współczynnik, obliczony z pomiarów dokonanych w kierunkach nachylonych po kątem 5° do osi głównej kanału czy rzeki,
- f. niemożnością dokonania pomiaru przy ścianie oraz zbyt małymi wartościami stwierdzanymi przy pomiarze blisko dna,
- g. pulsującym ruchem wody; jeśli odchylenia prędkości od średniej wartości przekraczają $\pm 10\%$, to przekrój jest nieodpowiedni do pomiaru.

Wszystkie te błędy razem można i należy utrzymać w granicy nie przewyższającej $\pm 1\%$.

Prędkości mierzone młynkami dochodzą do 13 m/sek; najmniejsze prędkości wykrywane młynkiem mają wartości niewiele większe od zera (do pomiaru tak znikomych prędkości służą młynki, w których opory tarcia pokonane są przy pomocy sztucznego impulsu).

Od młynków umieszczanych sztywno na rurach ¹²⁷⁾ wymaga się, by przy prądach ukośnych wskazania ich były zgodne z linią cosinusów, tj. aby młynki wykazywały składową prędkości w kierunku przepływu. Wiele też trudu poświęcono w celu skonstruowania odpowiedniego skrzydełka, jednak jak dotychczas bez zadowalającego rezultatu.

*) Według przepisów niemieckich cechowanie powinno się przeprowadzać także przy ukośnym ustawieniu młynka, przy czym aż do 15° skreśłu odchyłki od prawa cosinusów nie powinny być większe od 2% .

¹²⁷⁾ W. Henn. Grundlagen der Wassermessung mit dem hydrometrischen Flügel. Mitteilungen aus dem Flussbau-Laboratorium der Technischen Hochschule Dresden. Forschungsheft 385. Wyd. przez Verein deutscher Ingenieure, 1937. Lipiec i sierpień.

Jeżeli dla kierunku zgodnego z biegiem strug istnieje zależność

$$V = A + KN \quad \dots (a)$$

zaś dla ukośnego ustawienia młynka

$$V = a + kn \quad \dots (b)$$

to otrzymamy dla składowej w kierunku osi młynka

$$v = V \cos \alpha \quad \dots (c)$$

lub

$$v = (a + kn) \cos \alpha \dots (d)$$

Równania (a) i (b) dają tylko wówczas jednakowe wartości prędkości mierzonych w kierunku osi, to znaczy, że podstawowy warunek dla skrzydełka, mierzącego składową prędkości, jest tylko wówczas ściśle spełniony, gdy obydwa stosunki $K:k$ i $A:a$ są równe $\cos \alpha$. Jednakże prawie nigdy się to nie przytrafia, gdyż przy skośnym ustawieniu młynka obydwie składowe zmieniają się niezależnie od siebie.

Jeżeli założymy, że wskazania młynka są zgodne z linią cosinusów, tj. że z równania (a) obliczy się — przy skośnym ustawieniu młynka — składową prędkości prostopadłą do przekroju pomiarowego:

$$v = A + Kn \dots (e)$$

to wówczas stosunek $n:N$ — przy tej samej bezwzględnej prędkości wody — musiałby się dać określić z zależności (a) i (e):

$$\frac{n}{N} = \cos \alpha - \frac{A}{KN} (1 - \cos \alpha) \dots (f)$$

lub z zależności (a) i (b):

$$\frac{n}{N} = \frac{K}{k} - \frac{a}{kN} \left(1 - \frac{A}{a}\right) \dots (g)$$

Okazuje się, że zgodność wskazań młynków z linią cosinusów nie jest równoznaczna z tym, żeby stosunek $n:N$ odpowiadał ściśle prawu cosinusów.

Stąd wynika poprawka, którą należy wprowadzić przy pomiarach prądów skośnych nieidealnymi młynkami, gdy przeprowadzono dla nich cechowanie: jedno normalne, a drugie przy ukośnym ustawieniu [zależności (a) i (b)].

Z równań (d) i (e) otrzymujemy

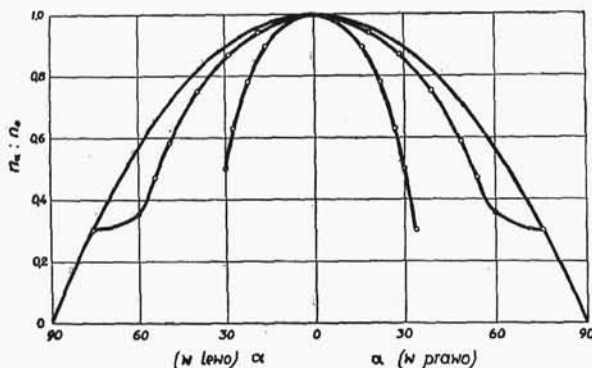
$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{v_{(d)} - v_{(e)}}{v_{(e)}} = \frac{k}{K} \cos \alpha - 1 - \frac{A}{v} \left(\frac{k}{K} - \frac{a}{A} \right) \cos \alpha \dots (h)$$

Indeksy (d) i (e) oznaczają, że v obliczone jest według równania (d) lub (e).

Na rys. 295 pokazano zachowanie się zwykłego promienisto-trójskrzydłowego i dwu-ukośnokrawędziowego młynka przy przepływie skośnym. Na osi odciętych odmierzone są nastawienia katowe osi młynka (w stosunku do kierunku prądu), na osi rzędnych odmierzone są stosunki ilości obrotów przy ustawieniu ukośnym i normalnym ($v \approx 1$ m/sek). Widać, że żaden z tych młynków nie spełnia zasadniczego warunku młynka przeznaczonego do mierzenia składowych prędkości przepływu. Najlepsze wyniki otrzymuje się przy użyciu młynków z pierścieniem (skrzydełko umieszczone w pierścieniu, krótkim tunelu).

Doświadczenia robione przez firmę Ott dowiodły, że na zachowanie się młynka ma wpływ zarówno skok, średnica skrzydełka jak również jego krzywizna. Dotychczas jednak nie udało się ustalić miary wpływu.

W Ameryce próbowano znaleźć rozwiązanie tego zagadnienia przez używanie jednocześnie dwóch rodzajów młynków, mianowicie młynka czareczkowego (Price'a) i śrubowego, uważając, że wskazania pierwszego są za duże, drugiego za małe.



Rys. 295.

Zmiana ilości obrotów młynka hydrometrycznego w zależności od kąta ustawienia jego osi względem kierunku przepływu.

Mousson¹²⁸⁾ proponował, aby pomiary przeprowadzać dwoma młynkami, które dają odchyłki od prawa cosinusów różne ale jednokierunkowe. Pierwsze skrzydełko powinno dawać odchyłki możliwie małe, drugie — odwrotnie — możliwie duże. Z odchyłek pomiędzy ilością obrotów obydwóch skrzydełek można obliczyć potrzebną poprawkę dla jednego z młynków.

Krzywa ilości obrotów przy ustawieniu skośnym może być, przy odpowiednich kształtach skrzydełek, przedstawiona według Otta w postaci:

$$v = v_0 \cos \alpha - dv_0 (1 - \cos \alpha) \dots (i)$$

Przy czym d oznacza charakterystyczny dla skrzydełka współczynnik, który należy określić doświadczalnie. Jest więc możliwe dla dwóch skrzydełek o różnych współczynnikach d_1 i d_2 określić bezbłędnie prędkość v (która odpowiadałaby wskazaniom idealnego młynka o charakterystyce $v = v_0 \cos \alpha$) na podstawie dwóch obserwowanych prędkości v_1 i v_2 z zależności:

$$\frac{v - v_2}{v - v_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

lub

$$v = v_1 + \frac{d_1}{d_2 - d_1} (v_1 + v_2) \dots (k)$$

¹²⁸⁾ J. M. Mousson. Water gauging for low head units of high capacity. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 1935. Str. 303.

Przy tym sposobie musi być spełniony warunek, by odchyłki wskazań skrzydełek od linii cosinusów nie zależały od prędkości. Obecnie jest to spełnione tylko przy młynkach o skrzydełkach promienistych, dla których stosunki wartości d w przybliżeniu równają się stosunkom skoków s skrzydełek:

$$d_1 : d_2 : \dots = s_1 : s_2 : \dots.$$

3. Przeprowadzenie pomiaru.

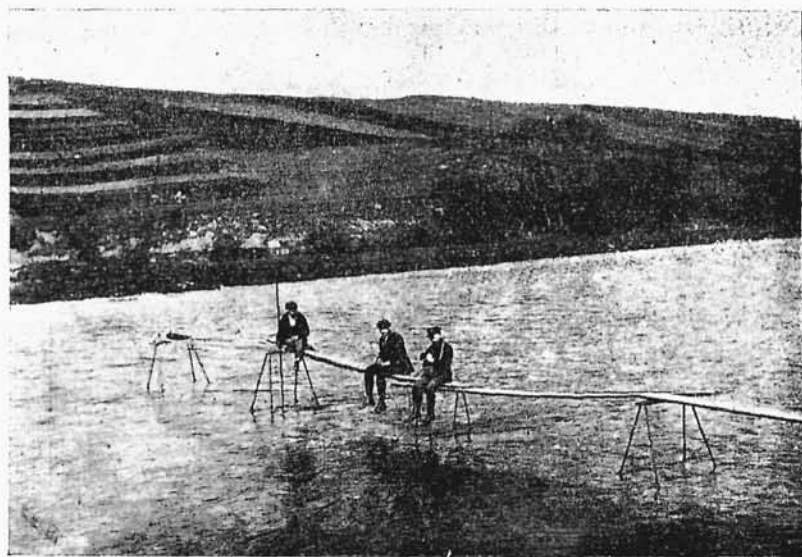
Ilość punktów pomiaru należy wybrać według norm podanych na str. 415; w małych przekrojach ilość punktów pomiarowych biera się w stosunku do powierzchni koła opisanego śrubą młynka:



Rys. 296 a.
Pomiar młynkiem z mostu.

$0,1 \geq \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\frac{A}{N}} \geq 0,02$, gdzie D — średnica koła (śruby) w metrach, A — przekrój rzeki w m^2 , N — ilość punktów pomiaru.

Sposób przeprowadzenia pomiaru młynkowego będzie zależał od sposobu wykonania sondowania. Jeśli do sondowania używa się drążka lub linki z zawieszonym młynkiem, to obserwacje głębokości i prędkości wykonuje się równocześnie stopniowo wzdłuż przekroju *).



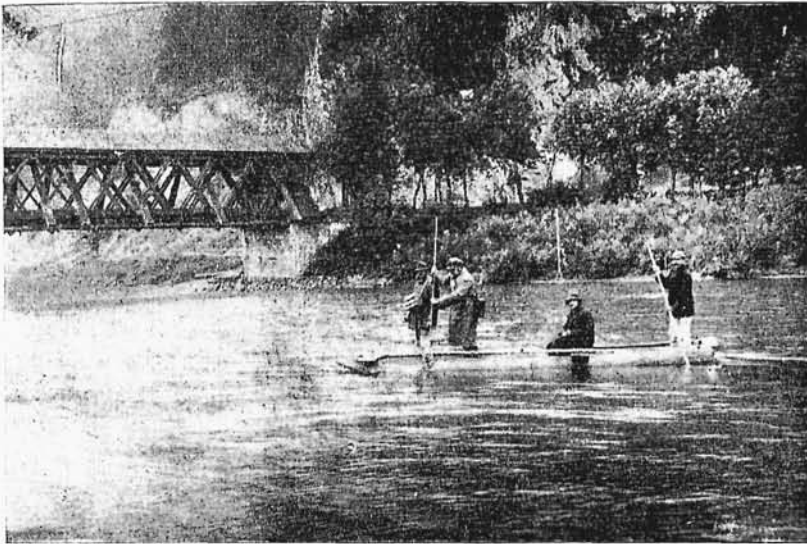
Rys. 296 b,

Pomiar młynkiem z kładki.
(ze zbiorów Instytutu Hydrograficznego Min. Komun.).

Jeśli zaś do sondowania używa się innych przyrządów, to pomiar przekroju (głębokości) wykonuje się przed rozpoczęciem pomiaru prędkości. Należy się starać sondowanie wykonywać niezależnie przed pomiarem prędkości, a to ze względu na wybór pionowych.

Pomiar wykonywany bywa z mostów (rys. 296 a), kładki (rys. 296 b) lub z łodzi (rys. 296 c). Gdy głębokości są niewielkie, można wprost wejść w wodę w butach gumowych (rys. 297). W Ameryce budowane są na brzegach rzeki specjalne wieże połączone liną, na której jeździ wózek z obserwatorem (rys. 298 i 304 b). W okresach zło-

*) Niemieckie normy polecają wykonywanie sondowania niezależnie od pomiaru prędkości.



Rys. 296 c.

Pomiar młynkiem z łodzi (ze zbiorów Instytutu Hydrograficznego Min. Komun.).



Rys. 297.

Pomiar młynkiem przy niewielkich głębokościach rzeki.



Rys. 298.
Pomiar młynkiem z wózka kolejki linowej.

dzenia powierzchni, gdy lód jest dostatecznie gruby, pomiar można wykonywać wprost z lodu (rys. 299).

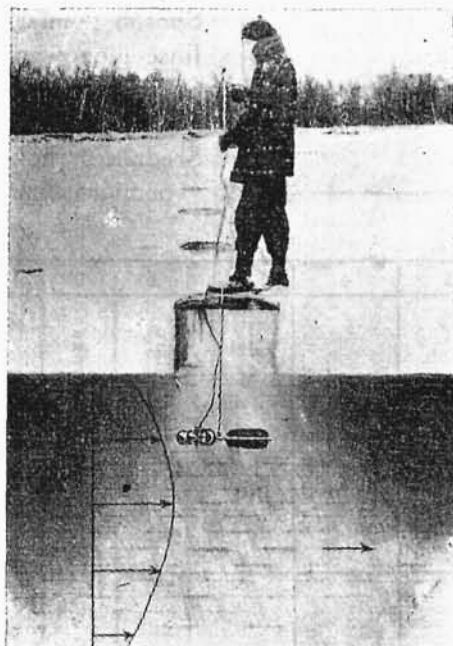
Jeżeli pomiaru dokonuje się tylko w charakterystycznych punktach, według metod opisanych wyżej, to trzeba zwrócić uwagę na dokładne umieszczenie osi młynka na odpowiednim poziomie.

Co do czasu obserwacji istnieją różne normy. W Niemczech obserwacja trwa co najmniej 100 sek, w Polsce normalnie 1,5....2 min, przy nieregularnych sygnałach (pulsacji) pomiar przedłuża się

do 3....4 min, amerykańskie normy wyznaczają 40....70 sek dla poszczególnych obserwacji.

Odczytywanie chronometru odbywa się albo na początku sygnału lub na końcu. Obydwa sposoby mają swoje zalety i wady i obydwie dają dostatecznie dobre rezultaty, jeśli się trzymać zasady, by zmierzyć odstęp czasu odpowiadający co najmniej pięciu sygnałom.

Jeżeli chodzi również o określenie dokładności pomiaru, to muszą być wykonane co najmniej 3 całkowite pomiary, jednocześnie lub przy tych samych warunkach.



Rys. 299.

Pomiar młynkiem pod lodem.

Tam gdzie można się spodziewać prądów odwrotnych (pomiaru w dużych głębokościach, w szczególności we wlotach do turbin), jest konieczne użycie młynków pracujących w obu kierunkach i sygnalizujących kierunek prądu.

Należy zwrócić uwagę na stan atmosfery. Zwłaszcza kierunek i siła wiatru ma duży wpływ na przepływ wody. Pomiary przy tym samym stanie mogą dawać przepływy różniące się dość znacznie, co dezorientować będzie kreślącego krzywą przepływu.

Nr pomiaru.....

Rzeka..... pod Stan.....

Partia pomiarowa..... Przepływ m³/sek

Łatę wodowskazową sprawdzono niwelacyjnie i stwierdzono.....

Pomiar rozpoczęto

Skończono

Młynek Nr.....

Sposób pomiaru

Ilość pionowych

Średnia odległość między piono-
wymi

Średnia głębokość w przekroju
pomiarowym

[illegible]

