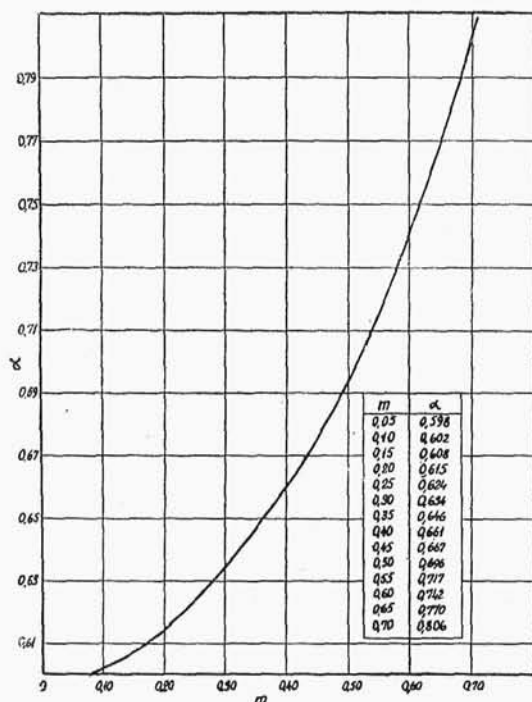


i otworów pomiarowych dokładność pomiaru może być bardzo duża i błąd utrzymamy w granicach nie dochodzących do $\pm 1\%$. Doświadczenia przeprowadzone przez niego dowodzą, że współczynnik α zmienia się bardzo niewiele dla różnego stosunku przekrojów otworu i rury,



Rys. 241.

Współczynnik wydatku α dla przepon o różnym stosunku pola przekroju otworu i przewodu.

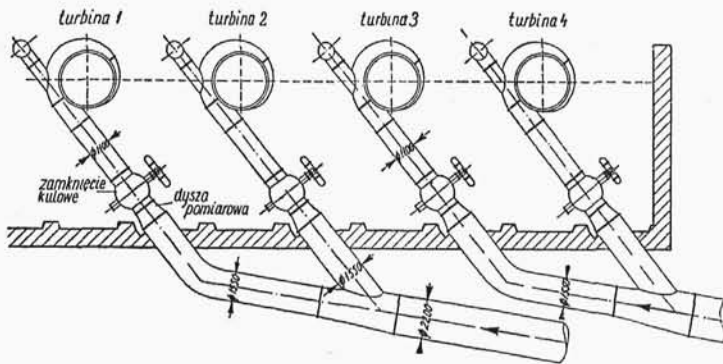
oraz że stosunkowo jest większy przy średnicach mniejszych. Wartości współczynnika α w zależności od $m = A_2 : A_1$ dla przepon normalnych według norm niemieckich¹¹⁵⁾ podano na rys. 241.

2. Dysza.

Przy pomocy dysz łatwiej wykonać pomiar z większą dokładnością; szczególnie praktycznym okazał się ten sposób do mierzenia przepływu w rurociągach zakładów wodnych. W takich wypadkach odwrotnie do wodomierza Venturiego prędkość osiągnięta w miejscu największym zostaje dalej utrzymana. W zakładzie Siebner

¹¹⁵⁾ Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden. Wydane przez Verein deutscher Ingenieure w 1935 r.

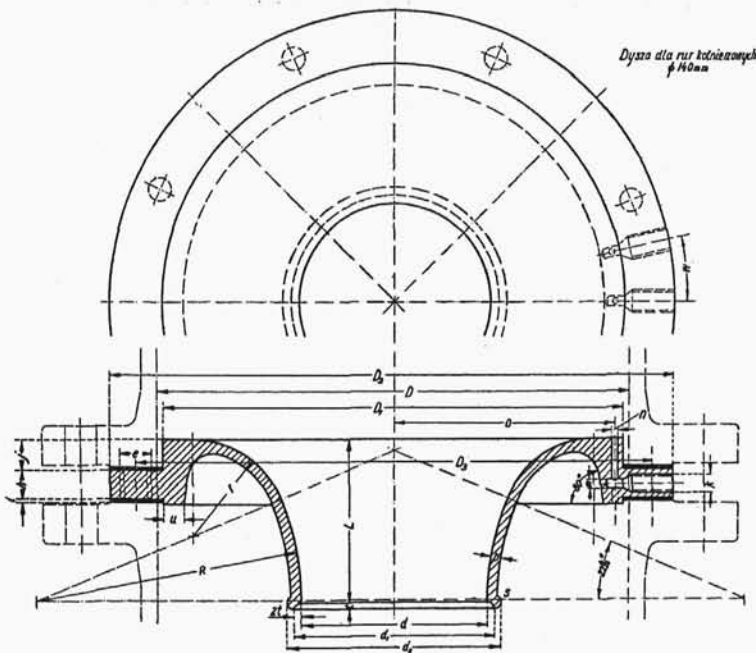
(Wäggital) użyto do pomiaru dysz dużych rozmiarów. Umiejtnie założone dysze nie powodują straty ciśnienia. Umieszcza się je (rys. 242) zwykle przed wejściem wody na turbinę, ponieważ tam musi



Rys. 242.

Dysze przy turbinach w zakładzie hydroelektrycznym w Wäggital.

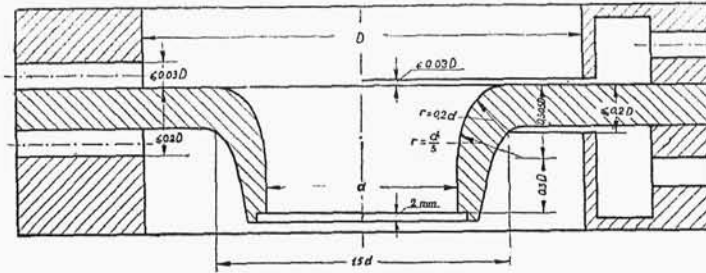
występować zwiększenie szybkości i bez dyszy. Pomiar odbywa się tu prawie bez straty. Paraboliczne dysze w Wäggital pozwalają na dokładne określenie minimalnego przepływu przy prędkości wody 0,8



Rys. 243.

Dysza normalna.

m/sek w najwęższym miejscu dyszy. Przy pełnym obciążeniu turbin w dolnym końcu rurociągu, poniżej dyszy, istnieje prędkość 10 m/sek. Zasięg pomiarowy dyszy wynosi 1 : 10 (stosunek skrajnych wartości które można jeszcze zmierzyć).

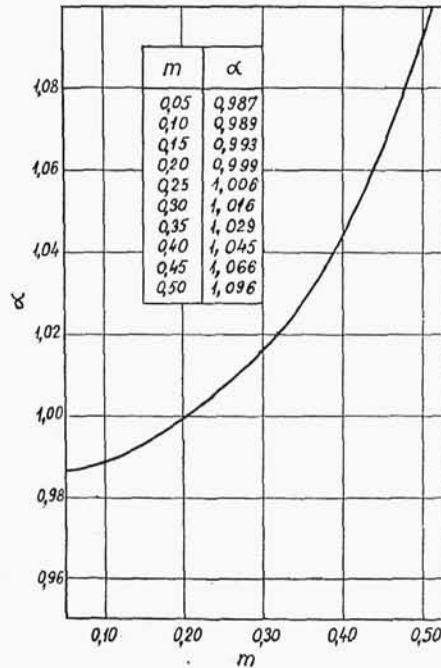


Rys. 244.

Dysza^u Hinza (wg nowych norm niemieckich).

Dysze mogą być oczywiście łączone z automatycznymi aparatami^v notującymi, co pozwala na ściśle określenie zużycia wody i współczynnika sprawności układu w ruchu.

Do pomiarów mniejszych ilości wody stosuje się tzw. dysze normalne^u (rys. 243) albo dysze Hinza (rys. 244). Ilość wody określa



Rys. 245.

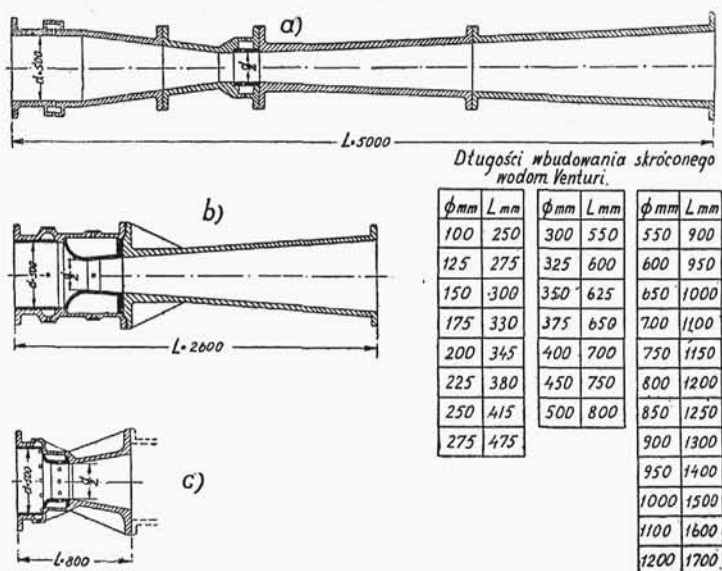
Współczynniki wydanku α dla nowych znormalizowanych dysz niemieckich.

się ze wzoru $Q = \alpha A_2 \sqrt{2g \Delta H}$ m³/sek, gdzie $A_2 = m A_1$ oznacza przekrój zwężonego otworu dyszy (w dyszy normalnej $d = 0,4 D = \sqrt{m D}$). Współczynnik α zależy w dużym stopniu od tego, gdzie znajduje się miejsce, w którym wykonuje się pomiar ciśnienia.

Według przepisów niemieckich należy mierzyć ciśnienie tuż przed dyszą i α dla wody wziąć równe 0,96. Dla dokładnego jednak określenia przepływu należy każdorazowo dyszę wycechować, gdyż średni współczynnik może spowodować błędy dochodzące do paru procent. Wartości współczynnika α dla dysz znormalizowanych (niemieckich) można brać z wykresu na rys. 245.

3. Zwężka Venturiego.

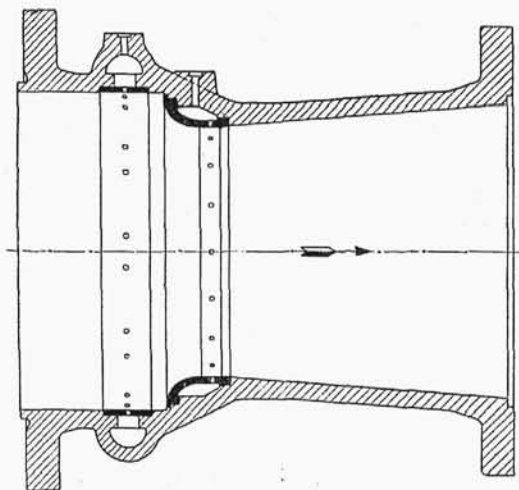
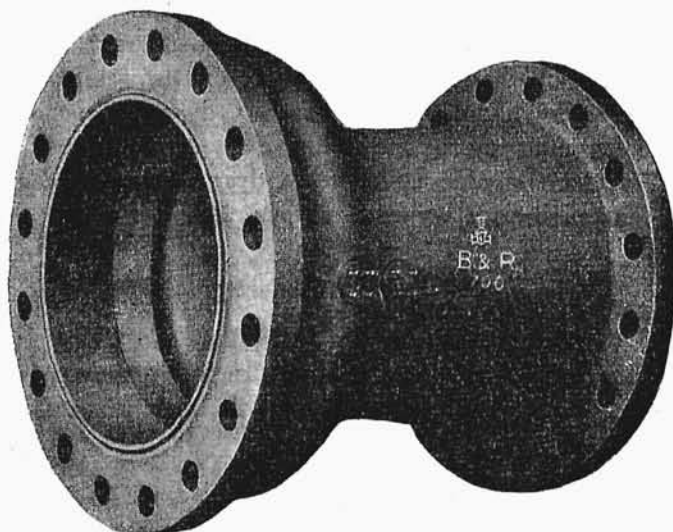
Rura Venturiego składa się z krótkiej stożkowej rury wlotowej, cylindrycznej szyi (zwężenia) i drugiej stożkowej rury wylotowej (rys. 246a). Forma ta była wypróbowana przez C. Herschla



Rys. 246 a, b, c.
Zwężka Venturiego.

w 1866 roku w laboratorium w Massachussetts i była dotychczas ogólnie używana. Rura Venturiego posiada w porównaniu z przeponą tę zaletę, że większa część osiągniętej różnicy ciśnień jest z powrotem odzyskana w rurze wylotowej. Stąd różnica ciśnień w czasie pomiaru może być przy tej samej stracie ciśnienia powiększona nawet 4-krotnie, wobec czego pomiar zyskuje znacznie na dokładności i dlatego może być osiągnięty znacznie większy jego zakres.

Rys. 246d przedstawia wodomierz Venturiego dla przewodów o dużych średnicach i stosunkowo małego ciśnienia roboczego. Od strony wlotu w wodomierz wstawiony jest pierścień pomiarowy (do pomia-

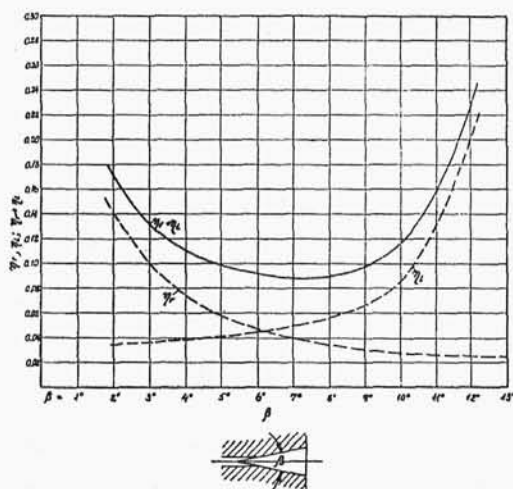


Rys. 246 d.

Zwężka Venturiego dla przewodów o dużych średnicach.

ru ciśnienia), który zależnie od wymiarów i ciśnienia wykonywany bywa z żeliwa lub stali zlewnej. Dla prawidłowego określenia ciśnienia utworzona jest pierścieniowa komora oddzielona blachą od rury przepływowej. W blasze znajdują się promienisto wywiercone otwory. Założenie pierścieniowej komory ma na celu otrzymanie w miejscu

pomiarowym średniego przyściennego ciśnienia hydrodynamicznego. Do tego pierścienia pomiarowego przytyka zwężka wlotowa, za którą znajduje się pierścień-dysza z żeliwa lub stali zlewnej, wykonana podobnie do pierścienia pomiarowego. Przejście z przekroju dyszy do przekroju przewodu odbywa się przez zwężkę wylotową. Jak dowiodły doświadczenia, najkorzystniejszym kształtem części wlotowej jest forma paraboliczna, natomiast dla części wylotowej — stożkowa, a najmniejsze straty osiąga się przy kącie zbieżności β od 7° do 8° (rys. 247).



Rys. 247.

Straty ciśnienia w zależności od kąta zbieżności części wylotowej zwężki Venturiego.

γ_r — strata ciśnienia wywołana oporami ruchu,

γ_l — strata spowodowana odrywaniem się strug wody od ścianek zwężki.

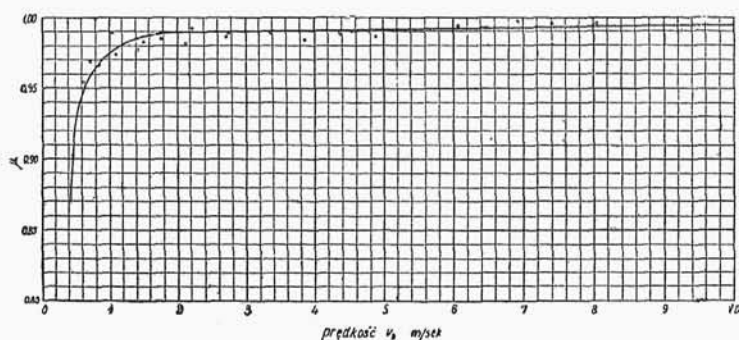
Przy zakładach wodnych istnieją wodomierze Venturiego na przewodach o dość znacznych średnicach, np. w zakładzie Friedrichshald w Norwegii na przewodzie żelbetowym ϕ 3,20 m (przepływ 18 m³/sek), w Achensee w Tyrolu na rurociągu ϕ 2,30 m.

V. Mann¹¹⁶⁾ dowodzi, iż urządzenie Venturiego wywołuje znacznie mniejszą stratę ciśnienia niż dysza. Przy różnicy ciśnienia równej 6 m słupa wody strata ma wynosić 0,6 m. Strata wywołana jest według niego stożkowym rozszerzeniem od zwężonego do normalnego przekroju.

¹¹⁶⁾ V. Mann, Röhre, Berlin, 1928 r.

Zaletą urządzenia jest duża stałość współczynników przy różnych prędkościach przepływu oraz mała zmienność przy różnych średnicach.

Współczynnik α waha się w granicach od 0,96 do 1,00. Okazuje się, że dla prędkości w gardle większych niż 2,40 m/sec współczynnik pozostaje prawie stały, dla prędkości mniejszych niż 1,20 m/sec wartość współczynnika gwałtownie spada. Ma więc on wartość niższą przy mniejszych prędkościach, większą przy większych prędkościach. Strata wysokości ciśnienia wywołana wodomierzem Venturiego jest w przybliżeniu proporcjonalna do różnicy ciśnienia ΔH albo do kwadratu prędkości przepływu w gardle (zwykle wynosi od 10 do 15% ΔH). Rys. 248 przedstawia krzywą wzorcowania zwężki Venturiego.



Rys. 248.

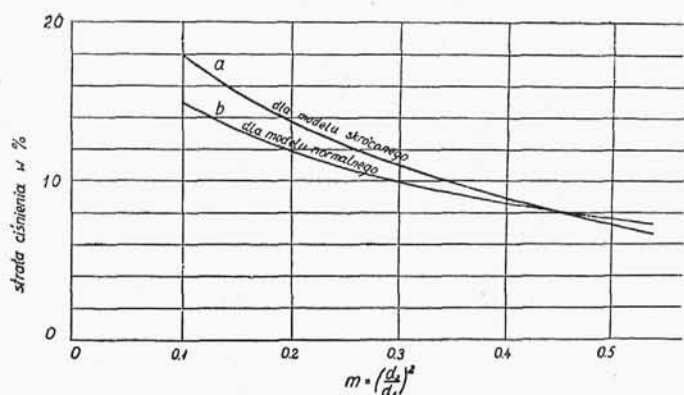
Krzywa wzorcowania zwężki Venturiego.

Wykonane doświadczenia nad racjonalnością kształtów wodomierza Venturiego pozwoliły je nieco zmienić i zmniejszyć dość niegodowny w wielu wypadkach wymiar długości. Rezultatem doświadczeń przeprowadzonych przez firmę Bopp & Reuther (Mannheim-Waldhof) jest początkowo (1920) wodomierz o kształtce wlotowej parabolicznej (rys. 246b) ostatnio zaś (od 1931 r.) tzw. skrócony wodomierz Venturiego (rys. 246 c i d).

W stosunku do pierwotnej długości wodomierza obecna jego długość jest około 6-krotnie mniejsza. Konstrukcja ta nadaje się szczególnie przy wysokich ciśnieniach roboczych, gdyż cały wodomierz wykonany jest z jednej części, a wewnątrz wciśnięta jest paraboliczna dysza pomiarowa wykonana z brązu. Przez wyrzucenie środkowej części zwężki (szyi) zwiększona jest pewność działania. Podstawą konstrukcyjną do takiego ukształtowania wodomierza Venturiego, wykonanego w całości z jednej części o małej długości, jest

to, że w miejscach wysokich ciśnień istnieją duże prędkości i z tego powodu przy dostatecznej różnicy ciśnień otrzymuje się dla maksymalnego przepływu stosunkowo małe zwężenie, a stąd dla najkorzystniejszego kąta zbieżności części stożkowej wypada mała długość. Bardzo często mamy do rozporządzenia odcinek rurociągu, gdzie średnica ulega redukcji, przez co też zmniejsza się długość wbudowy. Tak osiągnięta mała długość części rurociągu zajęta przez przyrząd jest korzystna przy zakładach wysokiego ciśnienia, gdzie prócz pewności działania ważną zaletą jest oszczędność miejsca.

W zakładzie Vernayaz (Zakład Szwajc. Kolei Państw.) zainstalowano pięć takich wodomierzy z wlotem \varnothing 700 mm, wylotem \varnothing 650 mm i na ciśnienie 65 at; cztery wodomierze \varnothing 1000/900 mm są w zakładzie Nore (Norwegia), gdzie ciśnienie robocze wynosi 36 at.



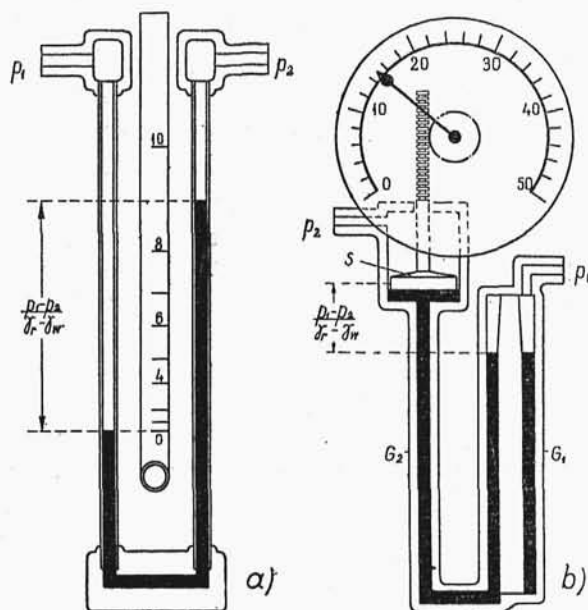
Rys. 249.

Strata ciśnienia w skróconym i normalnym wodomierzu Venturiego.

Na rys. 249 przedstawiono rezultaty pomiarów (straty ciśnienia w %) dla skróconego i normalnego wodomierza Venturiego. Dla stosunków średnic $(d_2 : d_1)^2$ od 1,00 do 0,45 model skrócony powoduje mniejszą stratę ciśnienia. Ponieważ według norm dawniejszych i obecnych wartość $(d_2 : d_1)^2$ wynosi 0,5, racjonalniejsze jest użycie typu nowego.

Do odczytywania różnicy ciśnień używa się przeważnie manometrów szklanych, których ramiona wypełnione są cieczą o innym ciężarze gatunkowym niż woda; często używa się też manometrów rtęciowych. Firma Bopp i Reuther wypuściła instrument zapisujący przepływ wprost w m^3/sek (rys. 250a). Dla otrzymania podziałki liniowej odpowiednio dobrany jest kształt ramion manometru. Schematycznie przedstawiono taki manometr na rys. 250b. Ramię „G₁”

od strony większych ciśnień (p_1) jest rozszerzone i w tym cylindrycznym rozszerzeniu umieszczona jest wstawka w formie paraboloidy obrotowej zwróconej wierzchołkiem do góry (w manometrze pokazanym na rysunku wierzchołek wstawki jest ścięty). Drugie



Rys. 250 a, b.

Schemat manometru rtęciowego firmy Bopp & Reuther
podającego od razu przepływ.

ramię „G₂” od strony mniejszych ciśnień (p_2) posiada też cylindryczne rozszerzenie, lecz znacznie większe i krótsze, a w nim umieszczony jest pływak „S” połączony ze wskazówką manometru.

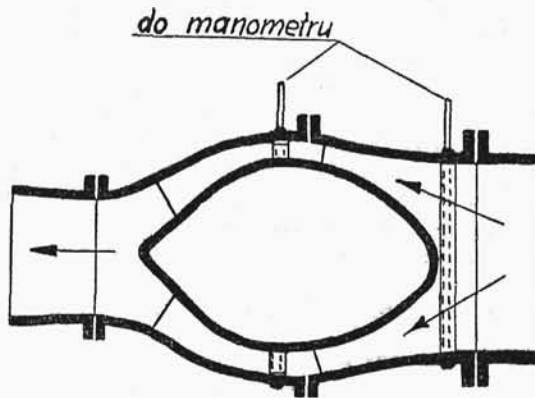
Błędy pomiaru zwężką Venturiego wahają się w granicach $\pm 0,5\%$.

Na tej samej zasadzie co zwężka Venturiego oparty został wodomierz połączony z zamknięciem iglicowym Johnsona (Messringschieber, rys. 251). Przez zwężenie przekroju przepływowego osiąga się zwiększenie prędkości przepływu i jednocześnie zmniejszenie ciśnienia. Różnica ciśnienia pomiędzy dwoma punktami pomiarowymi jest miarą przepływu.

Zwiększona prędkość wody za zamknięciem jest zmieniona w dyfuzorze z powrotem w ciśnienie. Dla wskazań przepływu używa się takich samych przyrządów jak przy zwężce Venturiego. Uruchomienie zamknięcia może być wykonywane ręcznie, prądem elektrycznym, hydraulicznie lub przy pomocy przeciwwagi.

Wbudowanie tego przyrządu pomiarowego jest możliwe w dowolnym miejscu rurociągu. Zaletami są — duża dokładność oraz nieczułość na zanieczyszczenia i na burzliwość przepływu przed przyrządem, nieczułość uzyskaną dzięki umieszczeniu

przed iglicą uzeźbrowania, działającego uspokajająco na przepływ przez spowodowanie równomiernego rozdziału strug wody,



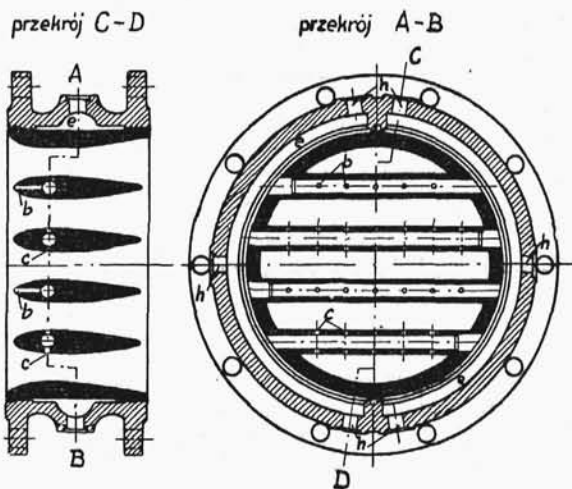
Rys. 251,

Wodomierz połączony z zamknięciem Johnsona.

4. Przyrząd Schmidta.

Przez Schmidta¹¹⁷⁾ opracowany został przyrząd, oparty na zasadzie pomiaru różnicy ciśnień, a wywołujący jeszcze mniejsze straty ciśnienia niż wodomierz Venturiego, mający zaś tę zaletę, że jego długość wbudowania jest znacznie mniejsza.

Rys. 252 wyjaśnia konstrukcję przyrządu. Zwężenie przekroju uzyskane jest przez umieszczenie we wstawce, wmontowanej w przewód, prętów o przekroju



Rys. 252,

Przyrząd Schmidta.

¹¹⁷⁾ E. Schmidt. Der Staurost. Ein neues Messgerät mit geringem Druckabfall für Durchflussmessungen. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1931. Nr 51.

hydrodynamicznym. W ścianie wstawki znajduje się wgłębienie podzielone na dwie komory „e”, które łączą się odpowiednio z okrągłymi wydrążeniami w prętach. Komory „e” łączą się: jedno z otworami „b”, umieszczonymi w kierunku przepływu, drugie — z otworami „c”, umieszczonymi prostopadłe do kierunku przepływu w miejscu największego zwężenia przekroju. W jednej więc komorze istnieje ciśnienie wywołane przepływem w otworach „b”, w drugiej ciśnienie odpowiadające ciśnieniu w punktach „c”. Przez włączenie manometru różnicowego do jednego z otworów „h” każdej komory możemy zmierzyć różnicę ciśnień.

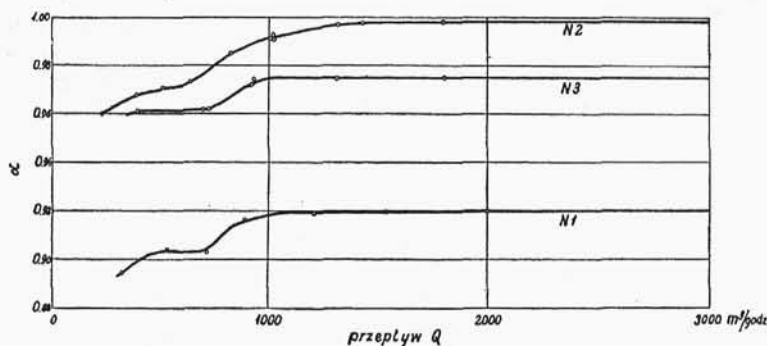
Jeżeli przekrój rury jest znaczny należy wzmocnić pręty poziome prętami pionowymi o podobnym kształcie. Nic nie stoi na przeszkodzie umieszczenia przyrządu również w przewodzie prostokątnym.

Przepływ określimy ze wzoru:

$$Q = \alpha A_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (p_1 - p_2)} \quad \text{m}^3/\text{sek} \quad (102)$$

w którym oznaczają A_0 zwężony przekrój netto,
 p_1 i p_2 ciśnienie przed zwężeniem i w zwężeniu,
 γ ciężar właściwy cieczy,
 g przyspieszenie ziemskie,
 α współczynnik wydatku.

Badania nad współczynnikiem α wykazały jego znaczną stałość (rys. 253). Dla przepływów większych α osiągnęło wartość 0,999. Przyrząd Schmidta można stosować tylko w czystej wodzie.



Rys. 253.

Współczynniki wydatku dla trzech typów przyrządu Schmidta.

* * *

Do pomiaru przepływu w rurociągach mogą bardzo dobrze posłużyć partie łukowe ciągu, zwłaszcza przy gwałtowniejszych zmianach kierunku (90°). Różnica ciśnienia pomiędzy stroną zewnętrzną i wewnętrzną łuku jest często równa lub nawet większa od osiąganych w wodomiarze Venturiego, rurce Pitota lub innych przyrządach pomiarowych, zmienia się przy tym proporcjonalnie do kwadratu prędkości. Wykonane doświadczenia dowodzą, iż błąd pomiaru utrzymuje się w granicach błędów innych metod. Przy wymaganej większej dokładności łuk pomiarowy może być skalibrowany doświadczalnie.

Jeżeli oznaczymy przez v prędkość wody w rurze, R średni promień łuku, B szerokość przekroju w miejscu i w płaszczyźnie pomiaru, to teoretyczna różnica

ciśnienie H , wywołana działaniem siły odśrodkowej, równa się $\frac{v^2 B}{gR}$. Wobec tego, uwzględniając pewien współczynnik strat c , otrzymamy na prędkość wyrażenie następujące:

$$v = c \sqrt{H} \sqrt{\frac{gR}{B}} \text{ m/sek}$$

Współczynnik c w przeprowadzonych doświadczeniach miał wartość 0,90. Znając przekrój rury A , otrzymamy wzór na przepływ w postaci:

$$Q = c \sqrt{H} \sqrt{\frac{gR}{B}} A = c_1 \sqrt{H} \text{ m}^3/\text{sek.}$$

12. Wodomierze¹¹⁸⁾

W przewodach o małych średnicach przeważnie w urządzeniach wodociągowych stosuje się wodomierze różnych konstrukcyj. Ważniejsze z nich są: skrzydełkowe, śrubowe, komorowe, pływakowe.

Wodomierze *skrzydełkowe* (rys. 254) używane są na rurociągach o mniejszych średnicach, przy połączeniach domowych. Przez otwory w pierścieniu kierującym „u” wprowadza się wodę na skrzydełko „K”, które obraca się na podobieństwo turbiny poruszając licznik „L”. Wskazania przy bardzo małych przepływach są niedokładne. Jednak wodomierze tego typu mają większą czułość a rozpiętość ich obszaru mierniczego jest większa niż wodomierzy śrubowych.

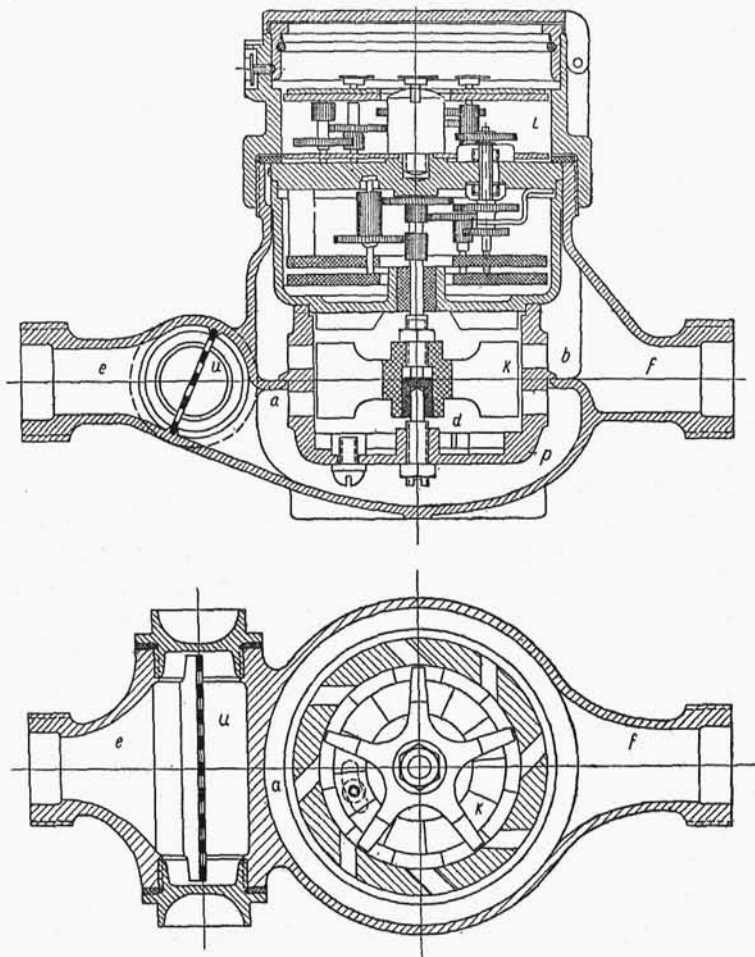
Wodomierz *śrubowy* Woltmanna (rys. 255) posiada tę zaletę, że woda płynie nie zmieniając kierunku, wobec czego straty na opory są mniejsze. Używa się do pomiarów większych przepływów. Zasada ich—jak młynka hydrometrycznego. Skrzydełka wodomierza mają kształt śruby; obroty młynka są przenoszone na liczydło. Wodomierz śrubowy ma wydajność do 5 razy większą niż skrzydełkowy przy tej samej średnicy. Podobnie jak pierwszy typ, przy małych prędkościach daje wartości niedokładne. Wadami wodomierza śrubowego są: mały obszar mierniczy, niewielka czułość i duża wrażliwość na warunki wbudowania.

Specjalną konstrukcję stanowi wodomierz śrubowy studzienny, pozwalający na umieszczenie przyrządu pomiarowego na przejściu pionowego przewodu ssącego w przewód poziomy w studni ujmującej.

W razie potrzeby mierzenia znacznie różniących się przepływów stosuje się obecnie wodomierze sprzężone z automatycznym przełą-

¹¹⁸⁾ Czytelników interesujących się bliżej tym działem odsyłam do dwu publikacji A. Troskołańskiego: 1) Podręcznik dla sprawdzających wodomierze, Warszawa, 1931 i 1936, 2) Kalendarz wodomierzowy, Poznań, 1936.

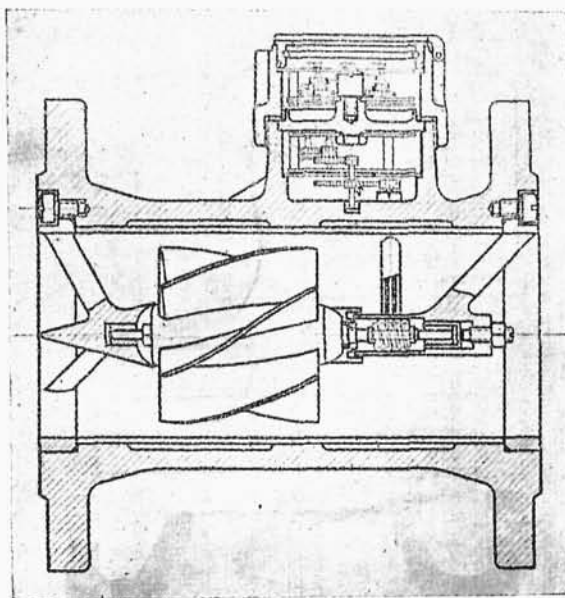
czeniu. Wentyl sterujący reguluje kierunek przepływu, tak że przy mniejszych przepływach kierowane są one na mniejszy wodomierz (dodatkowy), a większe przepływy przechodzą przez wodomierz duży, główny.



Rys. 254.

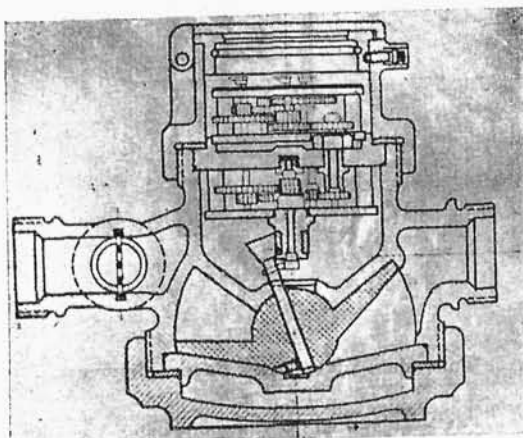
Wodomierz skrzydełkowy o osi pionowej.

Tam gdzie chodzi o dużą dokładność pomiaru przepływów w rurach o niewielkich średnicach, używa się wodomierze *komorowe* (puszkowe) lub — obecnie coraz rzadziej — *tarczowe* (rys. 256). Zasada ich działania polega na tym, że umieszczony wewnątrz rurociągu wodomierz tarczowy zostaje przez wodę wprawiony w ruch obrotowy i przez to uruchamia mechanizm licznika. Wodomierze te odznaczają się — w stosunku do poprzednich — większą rozpiętością

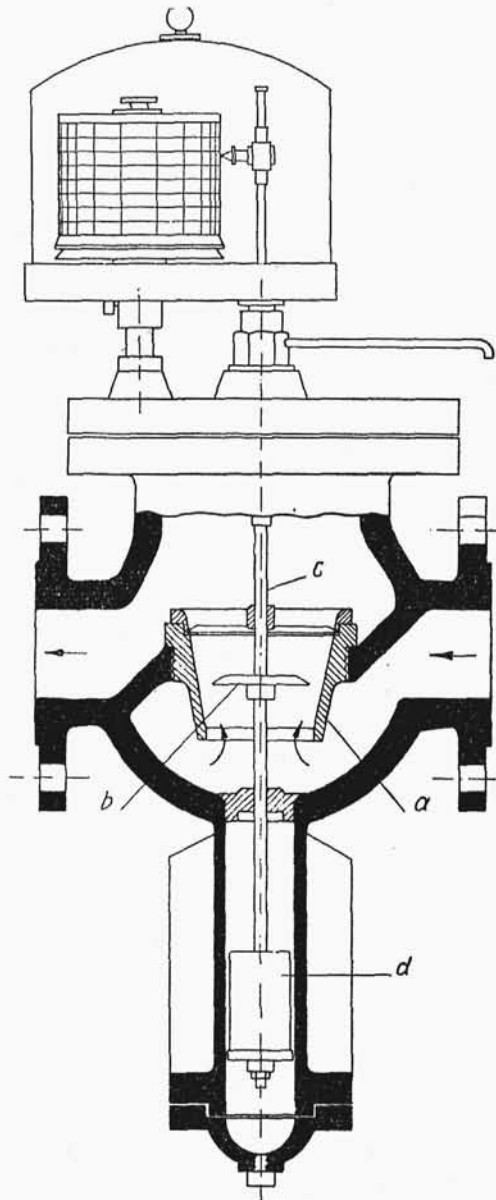


Rys. 255.
Wodomierz Woltmanna.

obszaru mierniczego, większą czułością i niższymi wartościami dolnej granicy obszaru mierniczego, wreszcie większą dokładnością wskazań. Są one jednak wrażliwe na zanieczyszczenia i zawodzą często w działaniu.



Rys. 256.
Wodomierz tarczowy.



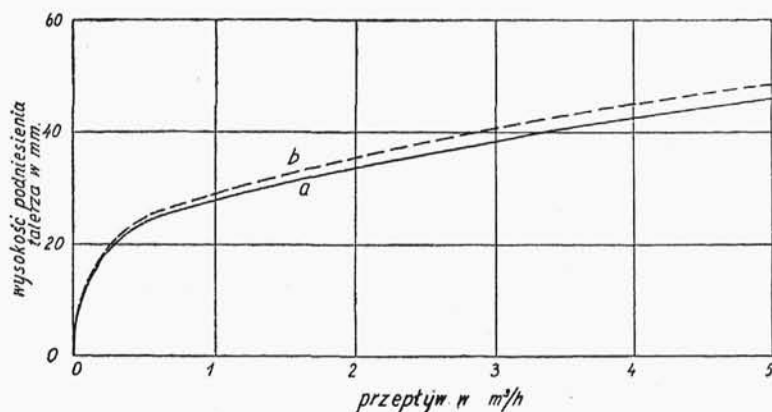
Rys. 257.

Wodomierz pływakowy Bayer—Siemens.

- a — dysza,
- b — talerz (tarcza) unoszony prądem przepływającej wody,
- c — drążek łączący tarczę z mechanizmem zapisującym i z przeciwwagą
- d — pływak - przeciwwaga.

Do rejestracji przepływów niewielkich, wahających się w dość znacznych granicach, stosują obecnie w Niemczech wodomierze *pływakowe* (Bayer-Siemensa), często zaopatrywane w przyrząd samopiśzący. Rys. 257 wyjaśnia działanie wodomierza, którego zasięg pomiaru waha się w granicach 1 : 3000; wodomierzem o średnicy 25 mm (1") można kontrolować przepływy od 20 m³/godz do 3 m³/godz.

Na rysunku 258 podano krzywą wzorcowania wodomierza pływakowego.



Rys. 258.

Krzywa wzorcowania wodomierza Bayer—Siemens.

- a — krzywa wzorcowania przy zwiększaniu się przepływu,
b — " " " " zmniejszaniu " "

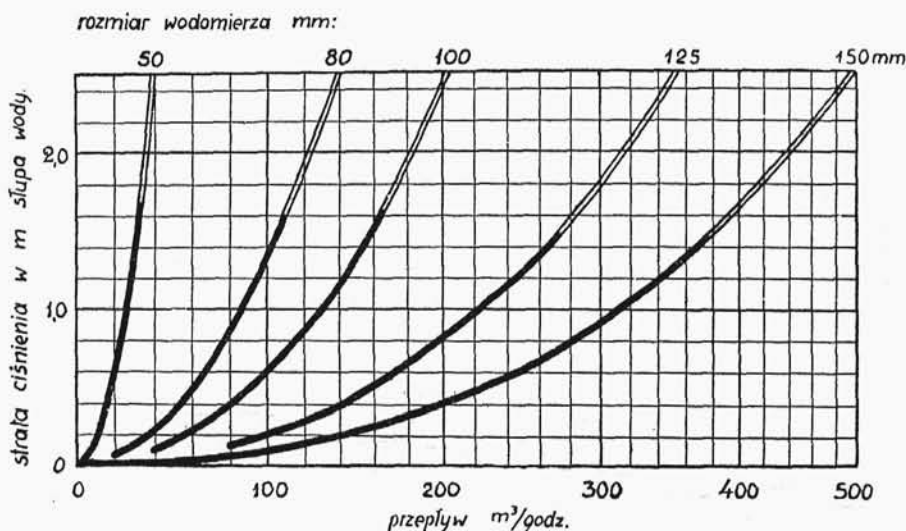
Wodomierze wszelkich typów mogą być wykonane jako tzw. mokre i suche, tj. mogą posiadać liczydło umieszczone w wodzie lub odizolowane od niej, w powietrzu. Wodomierze mokre ze względu na brak konstrukcji uszczelniającej licznik są tańsze i wywołują mniej strat na opory, jednak z powodu zabrudzeń osadem muszą być co pewien czas czyszczone.

Wodomierze wykonywane są z materiału nierdzewiącego, brązu lub mosiądzu, albo są specjalnie chronione przed erozją, np. emalją, niklem itp. Części ruchome robi się z materiału lekkiego: ebonitu, celuloиду lub aluminium.

Przed ustawieniem wodomierze muszą być wypróbowane i wycechowane. Przy czym zwykle liczydło wskazuje nie ilość obrotów, ale objętość przepływu, notując jednocześnie przepływy od początku przy pomocy urządzenia sumującego. W razie potrzeby wodomierze mogą być zaopatrzone w sygnalizację, pozwalającą przesyłać ich

wskazania na dalszą odległość — gdzieś do centrali dla kontroli przepływu.

Wybierając rodzaj i wielkość (średnicę) wodomierza, należy orientować się w przybliżeniu w wielkości przepływu średniego i maksymalnego. Ze względu na dość wysokie koszty przyrządu należy starać się, aby zachowywał on swe własności mechaniczne i miernicze przez jak najdłuższy przeciąg czasu. Nie można wbudować wodomierza o zbyt małej średnicy, mając na widoku obniżenie kosztów jego instalacji, bo spowoduje się zbyt duże straty ciśnienia i przez to na stałe powiększą się koszty eksploatacji. Katalogi



Rys. 259 a.

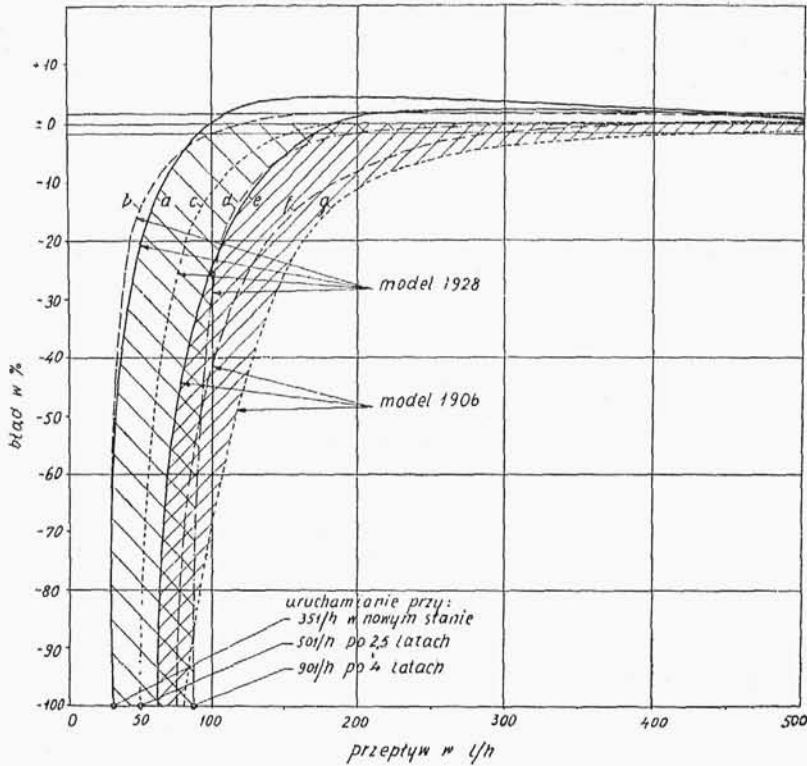
Zależność między spadkiem ciśnienia a jednostkowym przepływem wodomierza.

wodomierzy podają zawsze charakterystyki przyrządów, a mianowicie zależność pomiędzy spadkiem ciśnienia (w metrach) i ilością przepływu jednostkowego (rys. 259a), krzywą błędów, dopuszczalne obciążenie trwałe oraz najwyższe dopuszczalne obciążenie, które może trwać zazwyczaj tylko przez krótki, kilkominutowy okres czasu bez szkody dla własności mechanicznych wodomierza. Orientując się według tych cech, można dobrać odpowiedni rodzaj i rozmiar przyrządu.

Przy instalacji wodomierzy celem uzyskania prawidłowego ich działania, uniezależnienia wskazań od wpływów ubocznych i uchronienia ich części ruchomych od przedwczesnego zużycia, zwrócić należy uwagę na prawidłowe wbudowanie, tj. na umieszczenie we

wody większą uwagę, różnice daje się utrzymać w granicy nie dochodzącej do 10% (np. w Berlinie 6%).

Sprawa tu jest o tyle trudna, że czułość każdego wodomierza jest ograniczona do pewnego minimalnego przepływu: przepływy mniejsze od tego minimum nie są wskazywane wcale lub tylko



Rys. 260.

Błędy wodomierzy w zależności od stanu zużycia.

częściowo. W nowszych konstrukcjach dolna granica leży stosunkowo nisko, jednak trzeba zwrócić uwagę, że po pewnym czasie ciągłego używania przesuwa się ona, konieczna jest więc stała kontrola wodomierza. Wykres na rys. 260 ilustruje badania przeprowadzone przez zakłady wodociągów w Berlinie nad błędami wskazań wodomierzy, modeli (typów) z różnych lat, nowych i po pewnym okresie pracy.