

KALENDARZ  
WODOMIERZOWY

---

---



POLSKI WODOMIERZ

---

---

# KALENDARZ WODOMIERZOWY

OPRACOWANY PRZEZ  
POLSKI WODOMIERZ  
SP. Z O. O.

POD NACZELNĄ REDAKCJĄ  
INŻ. - MECH.  
A. T. TROSKOLAŃSKIEGO

1926



1936

POZNAŃ

1 9 3 6

---

NAKŁADEM F-MY POLSKI WODOMIERZ S. Z O. O. W POZNANIU

681.12:532.5



nr. 4080

~~1723~~

COPYRIGHT 1936 BY  
POLSKI WODOMIERZ SP. Z O. O.

POZNAŃ

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE  
DLA FIRMY „POLSKI WODOMIERZ”

PRZEDRUK WZBRONIONY



TYŁOCZONO W DRUKARNI I KSIĘGARNI SW. WOJCIECHA S. Z O. O. W POZNANIU  
NA PAPIERZE Z WŁASNEJ FABRYKI „MALTA”

RZM/PK/016-19

# SŁOWO WSTĘPNE OD WYDAWCY

---

Celem upamiętnienia 10-letniego okresu usiłowań, uwieńczonych stworzeniem szeregu nowoczesnych typów wodomierzy, wykonywanych całkowicie w kraju, wydajemy „Kalendarz wodomierzowy“, obejmujący w zwięzłym zarysie całokształt zagadnień wodomierzowych.

Wydawnictwo to zostało oparte na pracach teoretycznych i doświadczalnych najpoważniejszych inżynierów-badaczy, na przepisach i instrukcjach Głównego Urzędu Miar oraz na wynikach własnych doświadczeń. Problemy wodomierzowe są poruszane i omawiane nie z punktu widzenia własnego, lecz w sposób bezstronny, co niewątpliwie przyczyni się do usunięcia nieścisłości i rozbieżności w ocenie wyrobionych w Polsce wodomierzy i stacyj wodomierzowych.

„Kalendarz wodomierzowy“ jest wyrazem szczerzej chęci oparcia stosunków firmy „Polski Wodomierz“ z odbiorcami na ściśle naukowych podstawach; jest zatem pomostem pomiędzy wytwórcami a odbiorcami.

Pierwsze wydanie „Kalendarza wodomierzowego“ nie jest pod każdym względem doskonałe, lecz sądzić należy, że właśnie jego ewentualne niedociągnięcia i braki spowodują rzeczową dyskusję, zmierzającą do wyświetlenia spornych kwestyj.

Wydawnictwo składa na tym miejscu wyrazy podziękowania p. inż.-mech. A. T. Troškolańskiemu i p. tng.-mech. K. Osińskiemu

oraz pozostałym współpracownikom, którzy dołożyli wszelkich starań, by kalendarz pod każdym względem wypadł jaknajlepiej.

Osobno dziękujemy Polskiemu Komitetowi Normalizacyjnemu za udzielone zezwolenie na przedruk względnie streszczenie Polskich Norm.

Również Drukarni św. Wojciecha w Poznaniu należy się uznanie za staranną szatę graficzną kalendarza.

**LUCJAN STACHOWIAK**

*Dyrektor*

*Polskiego Wodomierza*

*Sp. z o. o.*

**Poznań, 8 listopada 1936 r.**

# PRZEDMOWA O D R E D A K C J I

---

Oddawna w praktyce wodociągowej odczuwano brak kalendarza technicznego, któryby w sposób przejrzysty i zwięzły omawiał zagadnienia, związane z gospodarką wodomierzową, a zarazem zawierał tablice i normy, potrzebne dla codziennej praktyki wodociągowej. Luka ta była szczególnie dotkliwa, ponieważ literatura z zakresu pomiarów wodnych, a w szczególności literatura o wodomierzach jest stosunkowo szczupła i mało dostępna. Poza I tomem Podręcznika dla sprawdzających wodomierze, zawierającym wybrane działy hydromechaniki w przystępnym zarysie i 2. częścią II tomu tegoż podręcznika, stanowiącym wyczerpującą monografię o wodomierzach sprzężonych, literatura o wodomierzach składa się z szeregu artykułów, traktujących o specjalnych zagadnieniach i rozrzuconych po różnych czasopismach, polskich i zagranicznych.

Zagadnienia pomiarów objętości wody przy pomocy wodomierzy oraz zagadnienia gospodarki wodomierzowej stanowią obszerną dziedzinę wiedzy. Zadaniem kalendarza wodomierzowego jest opis najczęściej stosowanych w praktyce wodociągowej systemów i typów wodomierzy, opis stacyj wodomierzowych, opis najważniejszych metod mierniczych i określenie zasad racjonalnej gospodarki wodomierzowej w sposób najbardziej zwięzły.

Materiał kalendarza wodomierzowego można podzielić na dwie zasadnicze grupy: rozdziały o charakterze opisowym oraz rozdziały, zawierające tablice i normy.

Opracowanie rozdziałów IV–X oparłem na własnych publikacjach, rękopisach artykułów, projektach i wynikach doświadczeń, oraz na niektórych pracach, zestawionych w rozdziale XI p. 1. „Bibliografia“.

Rozdziały I–III i XII, zawierające tablice matematyczne i fizyczne, tablice jednostek miar i normy opracował technolog-mechanik p. KAZIMIERZ OSIŃSKI, konstruktor firmy „POLSKI WODOMIERZ“. Tablice te dzięki oryginalnemu ujęciu, bogactwie i różnorodności materiału, oraz starannej korekcie będą stanowić duże ułatwienie przy obliczeniach, zachodzących w praktyce wodociągowej.

Kalendarz wodomierzowy wychodzi w okresie przełomowym dla spraw wodomierzowych. Z jednej strony Główny Urząd Miar przygotowuje wydanie nowych przepisów i instrukcyj wodomierzowych, których projekty opracowałem w ub. roku, a Polski Komitet Normalizacyjny kontynuuje wydawanie norm wodociągowych. Z okoliczności tych płynie pionierski charakter kalendarza, a zarazem i jego braki. W szczególności rozdział X zawiera szereg projektów przepisów i instrukcyj wodomierzowych, umożliwiających wzorcowanie i sprawdzanie różnych systemów wodomierzy, nie objętych obecnie obowiązującymi przepisami legalizacyjnymi; równocześnie zaś rozdział ten posiada wartość przemijającą, zależną od terminu wydania przez Główny Urząd Miar nowych przepisów i instrukcyj legalizacyjnych, a zarazem od charakteru i liczby zmian, wprowadzonych do opracowanych przeze mnie projektów. Te same uwagi dotyczą norm wodociągowych, które dotychczas w większości ukazały się w postaci projektów. Następne wydania kalendarza przyniosą niewątpliwie rozszerzenie i pogłębienie omawianych problemów.

Powstanie kalendarza wodomierzowego należy zawdzięczać inicjatywie i staraniom p. LUCJANA STACHOWIAKA, Dyrektora firmy „POLSKI WODOMIERZ“ oraz życzliwemu poparciu Dyrektora Wodociągów Miejskich, p. inż. dypl. ANTONIEGO KOTOWICZA, inicjatora, założyciela i prezesa Rady Nadzorczej firmy „POLSKI WODOMIERZ“.

Inż.-mech. ADAM TADEUSZ TROSKOLAŃSKI.

Poznań, 8 listopada 1936 r.

STRONA II. JEDNOSTKI MIAR

1. Ciężar właściwy powietrza wg. PN-36 — 110



Wieloletni kierownik...  
WIEGO KOTOWICZA, inicjatora...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...

Wieloletni kierownik...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...

Wieloletni kierownik...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...

Wieloletni kierownik...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...

Wieloletni kierownik...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...  
TOSKI INŻYNIER...

# S P I S T R E Ś C I

	Strona
SŁOWO WSTĘPNE OD WYDAWCY - - - - -	III
PRZEDMOWA OD REDAKCJI - - - - -	V

## CZĘŚĆ I. MATEMATYKA

1. Potęgi, pierwiastki, odwrotności, logarytmy oraz obwody i powierzchnie kół dla liczb od 0,01 do 1049 - - - - -	2
2. Często spotykane wartości liczbowe - -	25
3. Funkcje kątowe - - - - -	26
4. Długość łuku, strzałki i cięciwy oraz powierzchnia odcinka kołowego dla promienia $r = 1$ - - - - -	30
5. Podział obwodu koła na $n$ równych części	32
6. Wielobok umiaryowy o $n$ bokach - - -	32
7. Objętości kul dla średnic $d = 1 \div 160$ -	33
8. Znaki matematyczne wg. PN/o — 111 - -	34
9. Matematyka i jej podział - - - - -	37
10. Algebra - - - - -	37
Działania algebraiczne. Potęgi. Pierwiastki. Logarytmy. Równania.	
11. Planimetria - - - - -	42
Konstrukcje geometryczne. Wymiary, pola i położenie środka ciężkości figur.	
12. Stereometria - - - - -	46
Powierzchnie i objętości brył. Reguła <i>Guldin'a</i> .	
13. Trygonometria - - - - -	48
Funkcje goniometryczne. Funkcje w czterech ćwiartkach. Wykresy funkcji kątowych. Wartości szczególne oraz graniczne funkcji. Wyrażenie danej funkcji za pomocą pozostałych. Trójkąt prostokątny. Trójkąt ukośnokątny.	
14. Geometria analityczna płaska - - - -	54
Prostokątny układ współrzędnych. Linja prosta. Koło. Elipsa. Parabola. Hiperbola.	

## CZĘŚĆ II. JEDNOSTKI MIAR

1. Legalne jednostki miar wg. PN/o — 110	59
	IX

2. Tablice zamiany cała angielskiego na milimetry - - - - -	63
3. Formaty papieru wg. PN/o — 501 - - -	64

### CZĘŚĆ III. TABLICE FIZYCZNE

1. Oznaczenie najważniejszych wielkości fizycznych wg. PN/o — 113 - - - - -	65
2. Ciężar właściwy wody - - - - -	67
3. Ciężar właściwy rtęci - - - - -	68
4. Ciężary właściwe ciał stałych, cieczy i gazów - - - - -	68
5. Wysokość prędkości - - - - -	71
6. Prędkość wypływu - - - - -	72
7. Wartości współczynnika $k$ w formule Bazin'a	73
8. Wysokość strat energetycznych w rurociągu	74
9. Tablica zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu - - - - -	76
10. Tablica wartości $Q$ , $\Delta h$ i $v$ dla wodomierzy	80

### CZĘŚĆ IV. MECHANIKA OGÓLNA

Oznaczenia - - - - -	81
1. Algebra wektorów - - - - -	82
Wektor. Skalar. Promień-wektor. Suma geometryczna. Wektor wypadkowy. Iloczyn skalarowy. Iloczyn wektorowy.	
2. Kinematyka - - - - -	83
Określenie ruchu. Przesunięcie. Tor. Równanie ruchu. Ruch prostoliniowy i krzywoliniowy. Ruch jednostajny i zmienny. Ruch zmienny prostoliniowy. Prędkość średnia. Przyspieszenie. Wysokość prędkości. Ruch zmienny krzywoliniowy. Hodograf. Przyspieszenie styczne. Przyspieszenie normalne czyli dośrodkowe. Ruch jednostajny po kole. Prędkość kątowna obrotu. Ruch obrotowy ciała względem osi. Prędkość kątowna obrotu. Przyspieszenie kątowne. Ruch ciała sztywnego w przestrzeni. Skręt.	
3. Podstawy dynamiki - - - - -	89
Podział dynamiki. Kinetyka i statyka. Punkt materialny. Ciało materialne. Dynamika punktu materialnego. Dynamika układów materialnych. Siła. Masa. Ilość ruchu czyli pęd. Pierwsza zasada dynamiki. Prawo bezwładności. Jednostki podstawowe sił. Druga zasada dynamiki. Trzecia zasada dynamiki (prawo akcji i reakcji).	
4. O działaniu siły ciężkości - - - - -	90
Siła ciężkości. Przyspieszenie siły ciężkości. Wysokość prędkości. Środek masy. Środek ciężkości. Położenie środka masy niektórych linii, powierzchni i ciał jednolitych. Własności kinetyczne środka masy.	
5. Momenty - - - - -	94
Moment siły względem osi. Moment ilości ruchu. Materialny moment bezwładności. Geometryczny moment bezwładności. Geometryczne momenty bezwładności najważniejszych technicznie linii i powierzchni.	

6. Statyka - - - - -	98
Zadanie statyki. Zasada bezwładności materji. Zasada niezależności działania sił. Zasada superpozycji sił. Zasada przenoszenia sił. Para sił. Moment pary. Wykreślne wyznaczenie wypadkowej sił, leżących w jednej płaszczyźnie i działających na różne punkty ciała sztywnego. Wielobok sznurowy. Przestrzenny układ sił. Ogólne warunki równowagi. Rodzaje równowagi. Zasada <i>Torricelli'ego</i> .	
7. O pracy i energii - - - - -	101
Praca. Jednostka pracy. Ogólne określenie pracy. Praca elementarna. Praca całkowita. Energia. Energia kinetyczna. Energia potencjalna. Zasada zachowania energii. Moc. Jednostki mocy. Koń parowy. Kilowat.	
8. Kinetyka punktu materialnego - - - -	104
Zasada pracy. Ruch nieswobodny. Reakcja toru. Siła dośrodkowa. Siła odśrodkowa.	
9. Kinetyka układów materialnych - - -	105
Zasada pracy i energii. Zasada <i>d'Alembert'a</i> . Siły bezwładności czyli siły <i>d'Alembert'a</i> . Zasada ruchu środka masy. Zasada momentów ilości ruchu (zasada pól). Kręt układu.	

## CZĘŚĆ V. HYDROMECHANIKA

WSTĘP - - - - -	107
1. Oznaczenia - - - - -	107
2. Określenia podstawowe - - - - -	108
Płyny. Ciecze i gazy. Naprężenie normalne i styczne. Lepkość. Ciecz doskonała.	

### I. HYDROSTATYKA

1. Określenia wstępne - - - - -	108
2. Prawo <i>Pascal'a</i> - - - - -	108
3. Równowaga cieczy w polu ciężkości - -	108
Powierzchnia swobodna (zwierciadło) cieczy. Wysockość ciśnienia. Atmosfera techniczna i fizyczna.	
4. Równowaga cieczy w naczyniach połączonych - - - - -	109
Ciśnienia w obrębie nieprzerwanej masy ciekłej, wypełniającej naczynie połączone. Warunki równowagi w naczyniach połączonych, wypełnionych cieczami nie mieszającymi się.	
5. Mierzenie ciśnień sposobem manometrycznym - - - - -	109
Miary monometryczne.	
6. Napór cieczy na ściany naczyń - - - -	110
Napór hydrostatyczny na ścianę poziomą. Paradoks hydrostatyczny (twierdzenie <i>Stevin'u</i> ). Napór cieczy na ściany płaskie, dowolnie w cieczy zorjentowane. Napór cieczy na ściany zakrzywione.	
7. Równowaga ciał pływających - - - -	111
Zasada <i>Archimedes'a</i> . Wypór. Warunki pływania.	

### II. DYNAMIKA CIECZY DOSKONAŁEJ

1. Zasady geometrii ruchu - - - - -	111
-------------------------------------	-----

	Ruch niewirowy i wirowy cieczy. Pole skalarne ciśnienia i pole wektorjalne prędkości (pole prądu). Linia prądu. Struga.	
2.	Warunek ciągłości ruchu - - - - - Warunki ciągłości ruchu dla cieczy ściślejwej i nieściślejwej.	112
3.	Równanie <i>Daniela Bernoulli'ego</i> - - - - -	112
4.	Zjawiska ruchu swobodnego - - - - -	112
5.	Wyptyw ustalony przez mały otwór w dużym zbiorniku - - - - - Wzór <i>Torricelli'ego</i> .	113
6.	Opory hydrauliczne przy wyptywie cieczy rzeczywistych - - - - - Spółczynnik oporu. Spółczynnik zwężenia. Spółczynnik wyptywu.	113
7.	Zależności, zachodzące pomiędzy natężeniami wyptywu, a wysokościami napełnienia zbiornika - - - - - Formuła <i>de Chęzy'ego</i> .	114
8.	Czas wyptywu cieczy ze zbiornika - - -	114

### III. DYNAMIKA CIECZY RZECZYWISTYCH

1.	Wiadomości wstępne - - - - - Równanie <i>D. Bernoulli'ego</i> . Wysokość strat energetycznych.	114
2.	Ruch uwarstwiony - - - - - Naprężenia w cieczach rzeczywistych. Prędkość krytyczna. Elementarne prawo <i>Newton'a</i> . Spółczynnik lepkości. Spółczynnik zawiesistości.	114
3.	Równanie ruchu uwarstwowionego - - - - -	116
4.	Ruch burzliwy - - - - - Prędkość krytyczna. Wzór <i>Reynolds'a</i> . Liczba <i>Reynolds'a</i> . Równanie ruchu burzliwego.	117
5.	Prawo hydromechanicznego podobieństwa	117
6.	Formuła <i>de Chęzy'ego</i> - - - - -	117

### IV. HYDRAULIKA

1.	Ruch cieczy w przewodach zamkniętych	118
	A. Opory hydrauliczne przy przepływie przez przewody prostoosiowe. Opory hydrauliczne przy przepływie ustalonym. Wzór <i>Weisbach'a</i> . Obliczenie współczynnika oporu. Wzór <i>Lang'a</i> . Wzór <i>Mises'a</i> .	
	B. Opory hydrauliczne, spowodowane okolicznościami przypadkowemi ruchu. Wysokość strat energetycznych. Spółczynnik oporu. Strata energii przy łagodnem zmniejszeniu się przekroju. Strata energii przy łagodnem zwiększeniu się przekroju. Strata energii przy nagłem zwiększeniu się przekroju. Straty energii przy nagłem zmniejszeniu się przekroju. Straty energii przy wlocie do przewodu. Wyptyw cieczy przez poziomą przystawkę cylindryczną Strata energii w zalomie rury. Strata energii wywołana zakrzywieniem rury. Strata energii spowodowana zaworem zasuwowym.	

Strata ciśnienia, spowodowana kurkiem, umieszczonym w rurze o kołowym przekroju.	
Straty energii w zaworach wzniosowych.	
Straty energii w smoku, zaopatrzonym w klapę zwrotną.	
2. Ruch cieczy w korytach otwartych - - -	125
Koryta sztuczne i naturalne. Obwód zwilżony.	
Spółczynnik chropowatości. Wzór <i>Tadini'ego</i> , de <i>Chézy'ego</i> i <i>Eytelwein'a</i> . Formuła <i>Bazin'a</i> .	
3. Napór hydrodynamiczny - - - - -	126
Napór hydrodynamiczny na ściany płaskie i zakrzywione.	
4. Reakcja hydrodynamiczna - - - - -	127
Reakcja hydrodynamiczna:	
a) przy wypływie cieczy z naczynia,	
b) w przewodach nieruchomych,	
c) w przewodach wirujących.	

## CZĘŚĆ VI. POMIARY WODNE W PRAKTYCE WODOCIĄGOWEJ

PODSTAWY KLASYFIKACJI - - - - -	130
---------------------------------	-----

Pomiary wodne: a) hydrotechniczne, b) wodociągowe.  
Pomiary wodne: a) bezpośrednie, b) kontrolne.  
Pomiary wodne: a) zwyczajne, b) dokładniejsze.

ZASADY PRZEPROWADZANIA BADAŃ HYDRAULICZNYCH - - - - -	131
---	-----

I. POMIARY LINJOWE - - - - -	132
------------------------------	-----

A. Wyznaczanie przekrojów swobodnych przepływu.  
B. Wyznaczanie spadku niwelacyjnego.  
C. Wyznaczenie wysokości napełnienia.  
Skale wodowskazowe mianowane i niemianowane.  
Wodzidla wskazówkowe i wziernikowe.

URZĄDZENIA DO POMIARU WYSOKOŚCI NAPEŁNIENIA ZBIORNIKÓW NA ODLEGŁOŚĆ	
---	--

1. Urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika przy pomocy manometru rтęciovego różnicowego - - - - -	134
---	-----

2. Urządzenia pływakowe do pomiaru stanu napełnienia zbiorników - - - - -	135
---	-----

3. Urządzenia pneumatyczne do pomiaru wysokości napełnienia - - - - -	135
---	-----

4. Urządzenia elektryczne oporowe do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników	136
---	-----

II. POMIARY CZASU - - - - -	137
-----------------------------	-----

III. POMIARY PRĘDKOŚCI - - - - -	137
----------------------------------	-----

Pomiary prędkości miejscowych, Rurki *Pitot'a*.  
Pomiary średnich prędkości przepływu.

IV. POMIARY CIŚNIENIA - - - - -	138
---------------------------------	-----

A. Pomiary wysokości ciśnienia.  
Piezometry. Manometry rтęciovе otwarte. Manometry metalowe: rurkowe i płytkowe.  
B. Pomiar spadku ciśnienia.  
Manometry różnicowe wodne, rтęciovе i toluolowe.

V. POMIARY OBJĘTOŚCI - - - - -	147
Pomiary objętości statyczne i dynamiczne. Zbiorniki miernicze.	
VI. POMIARY NATEŻENIA PRZEPŁYWU - - - - -	145
Przepływomierze. Krzyż i dysze miernicze. Manometry nastawne.	
<b>CZĘŚĆ VII. WODOMIERZE</b>	
WSTĘP - - - - -	149
1. Określenia podstawowe i klasyfikacja wodomierzy - - - - -	149
Wodomierze otwarte i wodociągowe. Wodomierze silnikowe i zwężkowe. Wodomierze upustowe.	
2. Określenie wielkości wodomierza - - - - -	151
Średnica nominalna. Przepuszczalność rzeczywista, nominalna i teoretyczna.	
3. Własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy - - - - -	152
Charakterystyka przepływu. Krzywa błędów. Zasięg regulacji. Stopień regulacji. Obszar mierniczy.	
4. Warunki, którym powinny odpowiadać nowoczesne wodomierze - - - - -	154
5. Porównanie poszczególnych systemów wodomierzy - - - - -	155
6. Dopuszczalne obciążenia - - - - -	156
Obciążenie szczytowe. Dopuszczalne obciążenia godzinne, dobowe i miesięczne.	
7. Warunki prawidłowego wbudowania - - - - -	156
<b>I. WODOMIERZE SKRZYDEŁKOWE</b>	
1. Określenia podstawowe i klasyfikacja - - - - -	157
Wodomierze jednostrumieniowe i wielostrumieniowe. Wodomierze suche i mokre. Liczydła z obracającymi się wskazówkami i liczydła z przeskakującymi cyframi.	
2. Zakres stosowalności - - - - -	159
3. Opis konstrukcji - - - - -	159
4. Obszar rejestracji - - - - -	161
5. Własności hydrauliczne i miernicze - - - - -	161
6. Dopuszczalne obciążenia - - - - -	161
7. Warunki prawidłowego wbudowania - - - - -	162
8. Wodomierze skrzydełkowe do przewodów pionowych - - - - -	163
<b>II. WODOMIERZE ŚRUBOWE</b>	
1. Określenia podstawowe i klasyfikacja - - - - -	166
2. Zakres stosowalności - - - - -	166
3. Opis konstrukcji - - - - -	167
4. Obszar rejestracji - - - - -	170
5. Własności hydrauliczne i miernicze - - - - -	171
6. Dopuszczalne obciążenia - - - - -	171
7. Warunki prawidłowego wbudowania - - - - -	171
8. Wodomierze śrubowe stojakowe - - - - -	173
9. Wodomierze śrubowe studzienne - - - - -	175

## III. WODOMIERZE KOMOROWE

1. Wstęp - - - - -	176
2. Wodomierze tłokowe - - - - -	177
3. Wodomierze puszkowe - - - - -	177
4. Wodomierze tarczowe - - - - -	178

## IV. WODOMIERZE SILNIKOWE SPRZĘŻONE

1. Określenia podstawowe - - - - -	179
Wodomierz główny i boczny. Wyróżniki konstrukcyjne i hydrauliczne wodomierzy sprzężonych.	
2. Klasyfikacja wodomierzy sprzężonych - -	180
Podstawy klasyfikacji: rodzaj połączenia i system zaworu zmiennego obciążenia.	
3. Rodzaje połączeń - - - - -	181
Połączenie równoległe i szeregowce.	
4. Mechanizmy wodomierzy sprzężonych -	184
5. Zawory zmiennego obciążenia - - - -	184
A. Zawór ciężarowy pojedynczy.	
B. Zawór ciężarowy podwójny.	
C. Zawór odciążony kulowo-kłapowy.	
6. Wodomierze sprzężone skrzydełkowe - -	188
7. Wodomierze sprzężone śrubowe - - - -	189
8. Dopuszczalne obciążenia - - - - -	193

V. PRZYRZĄDY DO WYKREŚLNEJ REJESTRACJI  
WSKAZAŃ WODOMIERZY SILNIKOWYCH

1. Przyrządy mechaniczne - - - - -	193
2. Przyrządy elektryczne - - - - -	194

## VI. WODOMIERZE ZWĘŻKOWE

1. Określenia podstawowe i klasyfikacja - -	195
2. Zakres stosowalności poszczególnych typów	196
3. Kryzy miernicze - - - - -	197
4. Dysze miernicze - - - - -	197
5. Wodomierze <i>Venturi'ego</i> - - - - -	198
6. Wodomierze <i>Venturi'ego</i> z dyfuzorem uskokowym - - - - -	200
7. Wstawka <i>Venturi'ego</i> - - - - -	200
8. Wyróżniki konstrukcyjne wodomierzy zwężkowych - - - - -	200
9. Obszary miernicze wodomierzy zwężkowych	201
10. Maksymalne spadki ciśnienia miernicze -	203
11. Dokładność wskazań kryz i dysz mierniczych - - - - -	203
12. Warunki prawidłowego wbudowania dysz i kryz mierniczych - - - - -	204
13. Wpływ niektórych czynników na dokładność wskazań dysz i kryz mierniczych -	205
A. Wpływ odbioru ciśnienia	
B. Wpływ obróbki krawędzi dławiącej kryzy.	



C. Wpływ chropowatości rury.	
D. Wpływ nieprawidłowego wbudowania dysz i kryz mierniczych.	
14. Trwałe straty ciśnienia w dyszach i kryzach	206
15. Zalety wodomierza <i>Venturi'ego</i> w porównaniu z innymi systemami wodomierzy zwężkowych - - - - -	207
16. Porównanie własności hydraulicznych i mierniczych wodomierzy <i>Venturi'ego</i> z dyfuzorem normalnym i uskokowym - - -	208
17. Porównanie własności mierniczych wodomierzy <i>Venturi'ego</i> i wstawek <i>Venturi'ego</i>	209
18. Przyrządy rejestrujące do wodomierzy zwężkowych - - - - -	211
19. Przyrządy rejestrujące z naczyniem paraboloidalnym lub wstawką paraboloidalną	211
20. Przyrządy rejestrujące z krzywką pierwiastkującą - - - - -	212
21. Dopuszczalne obciążenia wodomierzy zwężkowych - - - - -	212

## CZĘŚĆ VIII. PRZYBORY DO SPRAWDZANIA WODOMIERZY

WSTĘP - - - - -	214
-----------------	-----

### I. ZBIORNIKI MIERNICZE

1. Wiadomości ogólne - - - - -	214
Zbiorniki miernicze pojedyncze i złożone. Objętość użyteczna. Przekrój poziomy. Wysokość użyteczna.	
2. Zbiorniki żelazne - - - - -	217
3. Zbiorniki żelbetowe - - - - -	217
4. Uzbrojenie zbiorników mierniczych - -	218
Wodowskazv. Słale wodowskazowe mianowane i niemianowane. Wodzidla wziernikowc. Zawory wypływowe w dnie.	
5. Ogłędziny techniczne zbiorników mierniczych - - - - -	221
a) badanie szczelności zbiorników,	
b) badanie sztywności ścianek działowych,	
c) badanie dokładności wykonania poszczególnych części.	
6. Wzorcowanie zbiorników mierniczych - -	222
Sprawdzanie i wzorcowanie zbiorników mierniczych. Metalowe kolby miernicze.	

### II. STOŁY MIERNICZE

1. Stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy mniejszych rozmiarów - - - - -	225
Uchwyt teleskopowy. Nasadki z obwodowemi komarami ciśnień. Zawór odpływowy regulacyjny. Uchwyt dyszowy.	

- |   |     |
|---|-----|
| 2. Stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów - - - - -                                | 228 |
| Uchwyty do osadzania dysz przepływowych i wypływowych. Łączniki redukcyjne z obwodowami komorami ciśnień. |     |
| 3. Stoły miernicze do sprawdzania szeregowego wodomierzy - - - - -  | 231 |

### III. PRZYRZĄDY MIERNICZE POMOCNICZE

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Urządzenia do pomiaru natężenia przepływu - - - - -                                | 232 |
| Manometry nastawne. Dysze miernicze wypływowe i przepływowe.                          |     |
| 2. Manometry różnicowe - - - - -  | 233 |
| Manometry różnicowe rłęciowe, jednoramienne i dwuramienne. Manometry różnicowe wodne. |     |

### IV. URZĄDZENIA ZASILAJĄCE UKŁADY MIERNICZE DO SPRAWDZANIA WODOMIERZY

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Sposoby zasilania układów mierniczych do sprawdzania wodomierzy. - - - - -            | 236 |
| 2. Zbiorniki ciśnień - - - - -   | 236 |
| Zbiorniki ciśnień: a) pojedyncze, b) z krawędzią przelewową, c) z korytami przelewowymi. |     |
| 3. Akumulatory wodne - - - - -   | 237 |
| 4. Zasilanie bezpośrednio przez pompy odśrodkowe - - - - -                               | 238 |
| 5. Zasilanie stacji wodomierzowych z sieci wodociągowej - - - - -                        | 238 |
| <i>Literatura</i> - - - - -  | 238 |

### CZĘŚĆ IX. ZASADY RACJONALNEJ GOSPODARKI WODOMIERZOWEJ

- |   |     |
|---|-----|
| WSTĘP - - - - -   | 239 |
| 1. Znaczenie pomiarów wodnych w gospodarce wodociągowej - - - - -                     | 239 |
| 2. Systemy wodomierzy stosowane w gospodarce wodociągowej - - - - -                   | 239 |
| 3. Znaczenie wodomierzy w gospodarce wodociągowej - - - - -                           | 241 |
| 4. Wybór właściwego typu wodomierza - - - - -   | 242 |
| 5. Dobór wielkości wodomierza w zależności od warunków zaopatrzenia w wodę - - - - -  | 244 |
| 6. Zmienność wskazań wodomierzy pracujących w sieci - - - - -                         | 245 |
| 7. Nadzór techniczny nad wodomierzami - - - - -                                       | 247 |
| 8. Naprawa wodomierzy - - - - -   | 251 |
| 9. Korzyści wynikające z posiadania własnej pracowni sprawdzania wodomierzy - - - - - | 252 |
| 10. Organizacja biurowości - - - - -  | 253 |

11. Systemy obliczania opłat za zużytą wodę	257
12. Odpowiedzialność odbiorcy wody za stan wodomierza - - - - -	259
Prawo o miarach. Sposób wbudowania wodomierza. Miejscowe przepisy wodociągowe.	
13. Zakończenie - - - - -	262

## CZĘŚĆ X. PRZEPISY I INSTRUKCJE WODOMIERZOWE

### I. POSTANOWIENIA OGÓLNE PRAWA O MIARACH

1. Wymagania którym powinny odpowiadać wodomierze, stosowane w obrocie publicznym - - - - -	263
2. Odpowiedzialność zakładu wodociągowego za stosowanie wodomierzy, nie odpowiadających postanowieniom Dekretu o miarach	264

### II. PROJEKTY PRZEPISÓW I INSTRUKCYJ WODOMIERZOWYCH

#### A. Przepisy wodomierzowe.

1. Przepisy ogólne - - - - -	266
2. Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze -	266
3. Wodomierze śrubowe pojedyncze - - -	267
4. Wodomierze silnikowe sprzężone - - -	274
5. Wodomierze <i>Venturi'ego</i> .	

#### B. Instrukcje wodomierzowe.

1. Instrukcja ogólna o sposobie sprawdzania wodomierzy - - - - -	276
2. Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze -	278
3. Wodomierze śrubowe pojedyncze - - -	278
4. Wodomierze silnikowe sprzężone - - -	280
5. Wodomierze <i>Venturi'ego</i> - - - - -	282

## CZĘŚĆ XI. BIBLIOGRAFJA - - - - - 285

## CZĘŚĆ XII. NORMY

### I. RUROCIĄGI

1. Średnice nominalne rur - - - - -	300
2. Stopniowanie ciśnień - - - - -	300
3. Śruby dwustronne - - - - -	301
4. Naprężenia dopuszczalne śrub - - - - -	301
a) ze stali węglowej wzmocnionej C 55.	
b) ze stali węglowej F 38.	
5. Żeliwne rury wodociągowe - - - - -	302
Prostka kołnierзова wg. norm z r. 1882.	
Prostka kołnierзова wg. PN/B — 804	
Układ otworów do śrub.	
Kolano 2-kołnierzowe.	
Trójnik 3-kołnierzowy oraz krzyżak kołnierzowy.	
Prostka kielichowa.	
6. Żeliwne rury kanalizacyjne - - - - -	309

	Strona
7. Rury stalowe gwintowane - - - - -	310
8. Kołnierze kute do rur gwintowanych - -	311
<b>II. ŁACZNIKI Z ŻELIWA KOWALNEGO</b>	
1. Dokrętka rurowa - - - - -	312
2. Naślępki - - - - -	313
3. Nakrętka do dwuzłazczek - - - - -	314
4. Dwuzłazczki - - - - -	315
5. Schemat normalizacji - - - - -	316
<b>III. ARMATURY</b>	
1. Zasuwy - - - - -	322
Zasuwy owalne kołnierzowe. Zasuwy płaskie kołnierzowe. Zasuwy owalne kielichowe. Kółko ręczne z otworem kwadratowym. Schemat ustawienia zasuw.	
2. Hydranty - - - - -	328
Hydrant nadziemny. Hydrant podziemny.	
3. Stojaki - - - - -	329
Stojak jednowylotowy. Stojak dwuwylotowy.	
4. Zawory - - - - -	330
Zawory przelotowe i kątowe. Zawór przelotowy typu B.	
5. Kurki - - - - -	332
Kurki czerpalne. Kurki czerpalne z regulacją. Kurk czerpalny typu A.	
6. Głowice zaworów i kurków - - - - -	335
Głowica zaworu przelotowego, kąтового i kurka czerpalnego.	
<b>IV. ŻELAZO HANDLOWE I INNE METALE</b>	
1. Rury - - - - -	336
Rury kotłowe. Rury mosiężne. Rury miedziane. Rury ołowiane. Ołowiane rury wodociągowe. Rury gazowe.	
2. Blachy i płyty celulooidowe - - - - -	339
Ciężar 1 m <sup>2</sup> blach metalowych i płyt celulooidowych. Handlowe wymiary blach.	
3. Blachy cienkie - - - - -	340
Blacha żelazna i cynkowa. Blacha mosiężna, miedziana i aluminiowa.	
4. Pręty - - - - -	341
Pręty żelazne kwadratowe, 6-kątne i okrągłe.	
5. Druć - - - - -	342
Ciężar 1000 m drutu w kG.	
6. Druć, pręty i rury aluminiowe - - - - -	342
7. Mosiądz handlowy - - - - -	343
8. Miedź handlowa - - - - -	343
9. Żelazo płaskie - - - - -	344
10. Żelazo taśmowe - - - - -	345
<b>V. KSZTAŁTOWNIKI</b>	
1. Kątowniki równoramienne - - - - -	346
2. Kątowniki nierównoramienne - - - - -	347
3. Ceowniki - - - - -	348
4. Teowniki - - - - -	349
6. Dwuteowniki - - - - -	350
6. Zetowniki - - - - -	351
7. Nitowanie kątowników i teowników - -	351

## VI. CZĘŚCI MASZYN

1. Nity - - - - -	352
Rodzaje i wymiary. Nitowanie.	
2. Kliny - - - - -	354
Przekroje klinów i wpustek. Kołki.	
3. Gwinty - - - - -	355
Określenia. Skrótly oznaczeń. Gwint <i>Whitworth'a</i> . Gwint <i>Whitworth'a</i> rurowy. Gwint metryczny. Gwint metryczny drobny, Gwint metryczny — schemat ogólny Gwint okrągły Gwint trapezowy. Dopuszczalne obciążenie śrub. Otwory przelotowe do śrub. Podkładki do wkrętów. Podkładki do śrub. Wkręty o łbach cylindrycznych i kulistych oraz śruby dociągające, Wkręty o łbach płaskich i seczewkowych oraz wkręty nastawcze. Nakrętki płaskie 4 i 6-kątne. Nakrętki płaskie z otworami Nakrętki płaskie z nacięciami na obwodzie. Nakrętki moletowane wysokie. Nakrętki moletowane niskie.	
4. Wały - - - - -	368
Średnice normalne. Obliczenie.	
5. Koła zębate - - - - -	369
Normalne moduły i podziałki. Tabela wartości współczynnika $c$ . Koła zębate czolowe. Koła zębate stożkowe. Koła zębte śrubowe. Ślimak i ślimacznica.	

## VII. WYTRZYMAŁOŚĆ MATERJAŁÓW

1. Prawo Hooke'a - - - - -	374
2. Odkształcenia i naprężenia normalne - -	374
3. Rodzaje naprężeń w pręcie - - - - -	375
4. Odkształcenia i naprężenia styczne - -	376
5. Współczynniki sprężystości i wytrzymałości	376
6. Naprężenia dopuszczalne - - - - -	377
7. Powierzchnie, odległości skrajnych włókien od środka ciężkości, momenty bezwładności i momenty wytrzymałości oraz momenty skręcania i kąt skręcania najczęściej spotykanych form przekroju - - - - -	377
8. Najczęstsze wypadki obciążeń zginających	380
9. Wzory <i>Eulera</i> na wyboczenie - - - - -	381
10. Wartości liczbowe $J_{min}$ i $W_{max}$ dla przekroju prostokątnego - - - - -	382
11. Wartości liczbowe $J$ , $W_x$ i $W_z$ dla przekroju kwadratowego oraz $J$ , $W$ i $J_o$ dla przekroju kołowego - - - - -	383
12. Tabela wartości $\xi$ - - - - -	383
13. Wzorcowe rodzaje stali używanej do ustrojów maszynowych i budowlanych wg. PN/H — 210 - - - - -	384

SKOROWIDZ NAZWISK - - - - - 387

SKOROWIDZ RZECZOWY - - - - - 389

$\sqrt{x}$	$x$	$\sqrt{y}$	$y$	$\sqrt{x+y}$	$\sqrt{x-y}$	$\sqrt{xy}$	$\sqrt{\frac{x}{y}}$	$\sqrt{\frac{y}{x}}$
1.000	1.000	1.000	1.000	1.414	0.000	1.000	1.000	1.000
1.005	1.010	1.002	1.004	1.418	0.001	1.001	1.000	1.000
1.010	1.020	1.005	1.010	1.423	0.002	1.002	1.000	1.000
1.015	1.030	1.007	1.021	1.427	0.003	1.003	1.000	1.000
1.020	1.040	1.010	1.032	1.432	0.004	1.004	1.000	1.000
1.025	1.050	1.012	1.044	1.436	0.005	1.005	1.000	1.000
1.030	1.060	1.015	1.056	1.440	0.006	1.006	1.000	1.000
1.035	1.070	1.017	1.068	1.444	0.007	1.007	1.000	1.000
1.040	1.080	1.020	1.080	1.448	0.008	1.008	1.000	1.000
1.045	1.090	1.022	1.092	1.452	0.009	1.009	1.000	1.000
1.050	1.100	1.025	1.104	1.456	0.010	1.010	1.000	1.000
1.055	1.110	1.027	1.116	1.460	0.011	1.011	1.000	1.000
1.060	1.120	1.030	1.128	1.464	0.012	1.012	1.000	1.000
1.065	1.130	1.032	1.140	1.468	0.013	1.013	1.000	1.000
1.070	1.140	1.035	1.152	1.472	0.014	1.014	1.000	1.000
1.075	1.150	1.037	1.164	1.476	0.015	1.015	1.000	1.000
1.080	1.160	1.040	1.176	1.480	0.016	1.016	1.000	1.000
1.085	1.170	1.042	1.188	1.484	0.017	1.017	1.000	1.000
1.090	1.180	1.045	1.200	1.488	0.018	1.018	1.000	1.000
1.095	1.190	1.047	1.212	1.492	0.019	1.019	1.000	1.000
1.100	1.200	1.050	1.224	1.496	0.020	1.020	1.000	1.000
1.105	1.210	1.052	1.236	1.500	0.021	1.021	1.000	1.000
1.110	1.220	1.055	1.248	1.504	0.022	1.022	1.000	1.000
1.115	1.230	1.057	1.260	1.508	0.023	1.023	1.000	1.000
1.120	1.240	1.060	1.272	1.512	0.024	1.024	1.000	1.000
1.125	1.250	1.062	1.284	1.516	0.025	1.025	1.000	1.000
1.130	1.260	1.065	1.296	1.520	0.026	1.026	1.000	1.000
1.135	1.270	1.067	1.308	1.524	0.027	1.027	1.000	1.000
1.140	1.280	1.070	1.320	1.528	0.028	1.028	1.000	1.000
1.145	1.290	1.072	1.332	1.532	0.029	1.029	1.000	1.000
1.150	1.300	1.075	1.344	1.536	0.030	1.030	1.000	1.000
1.155	1.310	1.077	1.356	1.540	0.031	1.031	1.000	1.000
1.160	1.320	1.080	1.368	1.544	0.032	1.032	1.000	1.000
1.165	1.330	1.082	1.380	1.548	0.033	1.033	1.000	1.000
1.170	1.340	1.085	1.392	1.552	0.034	1.034	1.000	1.000
1.175	1.350	1.087	1.404	1.556	0.035	1.035	1.000	1.000
1.180	1.360	1.090	1.416	1.560	0.036	1.036	1.000	1.000
1.185	1.370	1.092	1.428	1.564	0.037	1.037	1.000	1.000
1.190	1.380	1.095	1.440	1.568	0.038	1.038	1.000	1.000
1.195	1.390	1.097	1.452	1.572	0.039	1.039	1.000	1.000
1.200	1.400	1.100	1.464	1.576	0.040	1.040	1.000	1.000

CZĘŚĆ I

MATEMATYKA

1. Potęgi, pierwiastki, odwrotności, logarytmy  
 oraz obwody i powierzchnie kół dla liczb  
 od 0,01 do 1049

x + y  
 84

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
$\frac{1}{100}$ 0,01	0,0001	0,000 001	0,1000	0,2154	100,00000	2,00000	0,03142	0,0000785
$\frac{1}{50}$ 0,02	0,0004	0,000 008	0,1414	0,2714	50,00000	2,30103	0,06283	0,000314
$\frac{1}{25}$ 0,04	0,0016	0,000 064	0,2000	0,3420	25,00000	2,60206	0,1257	0,00126
$\frac{1}{20}$ 0,05	0,0025	0,000 125	0,2236	0,3684	20,00000	2,69897	0,1571	0,00196
0,08	0,0064	0,000 512	0,2828	0,4309	12,50000	2,90309	0,2513	0,00503
$\frac{1}{10}$ 0,1	0,0100	0,001 000	0,3162	0,4642	10,00000	1,00000	0,3142	0,00785
$\frac{1}{5}$ 0,2	0,0400	0,008 000	0,4472	0,5848	5,00000	1,30103	0,6283	0,03142
$\frac{1}{4}$ 0,25	0,0625	0,015 625	0,5000	0,6300	4,00000	1,39794	0,7854	0,04909
0,3	0,0900	0,027 000	0,5477	0,6694	3,33333	1,47712	0,9425	0,07069
0,4	0,1600	0,064 000	0,6325	0,7368	2,50000	1,60206	1,2566	0,12566
$\frac{1}{2}$ 0,5	0,2500	0,125 000	0,7071	0,7937	2,00000	1,69897	1,5708	0,19635
0,6	0,3600	0,216 000	0,7746	0,8434	1,66667	1,77815	1,8850	0,28274
0,7	0,4900	0,343 000	0,8367	0,8879	1,42857	1,84510	2,1991	0,38485
0,8	0,6400	0,512 000	0,8944	0,9283	1,25000	1,90309	2,5133	0,50266
0,9	0,8100	0,729 000	0,9487	0,9655	1,11111	1,95424	2,8274	0,63617
1,0	1,00	1,000	1,0000	1,0000	1,00000	0,00000	3,1416	0,78540
1,1	1,21	1,331	1,0488	1,0323	0,90909	0,04139	3,4558	0,95033
1,2	1,44	1,728	1,0954	1,0627	0,83333	0,07918	3,7699	1,13097
1,3	1,69	2,197	1,1402	1,0914	0,76923	0,11394	4,0841	1,32732
1,4	1,96	2,744	1,1832	1,1187	0,71429	0,14613	4,3982	1,53938
1,5	2,25	3,375	1,2247	1,1447	0,66667	0,17609	4,7124	1,76715
1,6	2,56	4,096	1,2649	1,1696	0,62500	0,20412	5,0265	2,01062
1,7	2,89	4,913	1,3038	1,1935	0,58823	0,23045	5,3407	2,26980
1,8	3,24	5,832	1,3416	1,2164	0,55556	0,25527	5,6549	2,54469
1,9	3,61	6,859	1,3784	1,2386	0,52632	0,27875	5,9690	2,83529
2,0	4,00	8,000	1,4142	1,2599	0,50000	0,30103	6,2832	3,14159
2,1	4,41	9,261	1,4491	1,2806	0,47619	0,32222	6,5973	3,46361
2,2	4,84	10,648	1,4832	1,3006	0,45455	0,34242	6,9115	3,80133
2,3	5,29	12,167	1,5166	1,3200	0,43478	0,36173	7,2257	4,15476
2,4	5,76	13,824	1,5492	1,3389	0,41667	0,38021	7,5398	4,52389
2,5	6,25	15,625	1,5811	1,3572	0,40000	0,39794	7,8540	4,90874
2,6	6,76	17,576	1,6125	1,3751	0,38462	0,41497	8,1681	5,30929
2,7	7,29	19,683	1,6432	1,3925	0,37037	0,43136	8,4823	5,72555
2,8	7,84	21,952	1,6733	1,4095	0,35714	0,44716	8,7965	6,15752
2,9	8,41	24,389	1,7029	1,4260	0,34483	0,46240	9,1106	6,60520
3,0	9,00	27,000	1,7321	1,4422	0,33333	0,47712	9,4248	7,06858
3,1	9,61	29,791	1,7607	1,4581	0,32258	0,49136	9,7389	7,54768
3,2	10,24	32,768	1,7889	1,4736	0,31250	0,50515	10,053	8,04248
3,3	10,89	35,937	1,8166	1,4888	0,30303	0,51851	10,367	8,55299
3,4	11,56	39,304	1,8439	1,5037	0,29412	0,53148	10,681	9,07920
3,5	12,25	42,875	1,8708	1,5183	0,28571	0,54407	10,996	9,62113
3,6	12,96	46,656	1,8974	1,5326	0,27778	0,55630	11,310	10,1788
3,7	13,69	50,653	1,9235	1,5467	0,27027	0,56820	11,624	10,7521
3,8	14,44	54,872	1,9494	1,5605	0,26316	0,57978	11,938	11,3411
3,9	15,21	59,319	1,9748	1,5741	0,25641	0,59106	12,252	11,9459
4,0	16,00	64,000	2,0000	1,5874	0,25000	0,60206	12,566	12,5664
4,1	16,81	68,921	2,0248	1,6005	0,24390	0,61278	12,881	13,2025
4,2	17,64	74,088	2,0494	1,6134	0,23810	0,62325	13,195	13,8544
4,3	18,49	79,507	2,0736	1,6261	0,23256	0,63347	13,509	14,5220
4,4	19,36	85,184	2,0976	1,6386	0,22727	0,64345	13,823	15,2053

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
4,5	20,25	91,125	2,1213	1,6510	0,22222	0,65321	14,137	15,9043
4,6	21,16	97,336	2,1448	1,6631	0,21739	0,66276	14,451	16,6190
4,7	22,09	103,823	2,1679	1,6751	0,21277	0,67210	14,765	17,3494
4,8	23,04	110,592	2,1909	1,6869	0,20833	0,68124	15,080	18,0956
4,9	24,01	117,649	2,2136	1,6985	0,20408	0,69020	15,394	18,8574
5,0	25,00	125,000	2,2361	1,7100	0,20000	0,69897	15,708	19,6350
5,1	26,01	132,651	2,2583	1,7213	0,19608	0,70757	16,022	20,4282
5,2	27,04	140,608	2,2804	1,7325	0,19231	0,71600	16,336	21,2372
5,3	28,09	148,877	2,3022	1,7435	0,18868	0,72428	16,650	22,0618
5,4	29,16	157,464	2,3238	1,7544	0,18519	0,73239	16,965	22,9022
5,5	30,25	166,375	2,3452	1,7652	0,18182	0,74036	17,279	23,7583
5,6	31,36	175,616	2,3664	1,7758	0,17857	0,74819	17,593	24,6301
5,7	32,49	185,193	2,3875	1,7863	0,17544	0,75587	17,907	25,5176
5,8	33,64	195,112	2,4083	1,7967	0,17241	0,76343	18,221	26,4208
5,9	34,81	205,379	2,4290	1,8070	0,16949	0,77085	18,535	27,3397
6,0	36,00	216,000	2,4495	1,8171	0,16667	0,77815	18,850	28,2743
6,1	37,21	226,981	2,4698	1,8272	0,16393	0,78533	19,164	29,2247
6,2	38,44	238,328	2,4900	1,8371	0,16129	0,79239	19,478	30,1907
6,3	39,69	250,047	2,5100	1,8469	0,15873	0,79934	19,792	31,1725
6,4	40,96	262,144	2,5298	1,8566	0,15625	0,80618	20,106	32,1699
6,5	42,25	274,625	2,5495	1,8663	0,15385	0,81291	20,420	33,1831
6,6	43,56	287,496	2,5690	1,8758	0,15152	0,81954	20,735	34,2119
6,7	44,89	300,763	2,5884	1,8852	0,14925	0,82607	21,049	35,2565
6,8	46,24	314,432	2,6077	1,8945	0,14706	0,83251	21,363	36,3168
6,9	47,61	328,509	2,6268	1,9038	0,14493	0,83885	21,677	37,3928
7,0	49,00	343,000	2,6458	1,9129	0,14286	0,84510	21,991	38,4845
7,1	50,41	357,911	2,6646	1,9220	0,14085	0,85126	22,305	39,5919
7,2	51,84	373,248	2,6833	1,9310	0,13889	0,85733	22,619	40,7150
7,3	53,29	389,017	2,7019	1,9399	0,13699	0,86332	22,934	41,8539
7,4	54,76	405,224	2,7203	1,9487	0,13514	0,86923	23,248	43,0084
7,5	56,25	421,875	2,7386	1,9574	0,13333	0,87506	23,562	44,1786
7,6	57,76	438,976	2,7568	1,9661	0,13158	0,88081	23,876	45,3646
7,7	59,29	456,533	2,7749	1,9747	0,12987	0,88649	24,190	46,5663
7,8	60,84	474,552	2,7928	1,9832	0,12821	0,89209	24,504	47,7836
7,9	62,41	493,039	2,8107	1,9916	0,12658	0,89763	24,819	49,0167
8,0	64,00	512,000	2,8284	2,0000	0,12500	0,90309	25,133	50,2655
8,1	65,61	531,441	2,8461	2,0083	0,12346	0,90849	25,447	51,5300
8,2	67,24	551,368	2,8636	2,0165	0,12195	0,91381	25,761	52,8102
8,3	68,89	571,787	2,8810	2,0247	0,12048	0,91908	26,075	54,1061
8,4	70,56	592,704	2,8983	2,0328	0,11905	0,92428	26,389	55,4177
8,5	72,25	614,125	2,9155	2,0408	0,11765	0,92942	26,704	56,7450
8,6	73,96	636,056	2,9326	2,0488	0,11628	0,93450	27,018	58,0880
8,7	75,69	658,503	2,9496	2,0567	0,11494	0,93952	27,332	59,4468
8,8	77,44	681,472	2,9665	2,0646	0,11364	0,94448	27,646	60,8212
8,9	79,21	704,969	2,9833	2,0724	0,11236	0,94939	27,960	62,2114
9,0	81,00	729,000	3,0000	2,0801	0,11111	0,95424	28,274	63,6173
9,1	82,81	753,571	3,0166	2,0878	0,10989	0,95904	28,588	65,0388
9,2	84,64	778,688	3,0332	2,0954	0,10870	0,96379	28,903	66,4761
9,5	90,25	857,375	3,0822	2,1179	0,10526	0,97772	29,845	70,8822
9,8	96,04	941,192	3,1305	2,1400	0,10204	0,99123	30,788	75,4296



$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 10$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
10	100,00	1000,0	3,1623	2,1544	1,00000	1,00000	31,416	78,5398
10,5	110,25	1157,6	3,2404	2,1898	0,95238	1,02119	32,987	86,5901
11	121,00	1331,0	3,3166	2,2239	0,90909	1,04139	34,558	95,0332
11,5	132,25	1520,9	3,3912	2,2572	0,86957	1,06070	36,128	103,869
12	144,00	1728,0	3,4641	2,2894	0,83333	1,07918	37,699	113,097
12,5	156,25	1953,1	3,5355	2,3208	0,80000	1,09691	39,270	122,718
13	169,00	2197,0	3,6056	2,3513	0,76923	1,11394	40,841	132,732
13,5	182,25	2460,4	3,6742	2,3811	0,74074	1,13033	42,412	143,139
14	196,00	2744,0	3,7417	2,4101	0,71429	1,14613	43,982	153,938
14,5	210,25	3048,6	3,8079	2,4385	0,68966	1,16137	45,553	165,130
15	225,00	3375,0	3,8730	2,4662	0,66667	1,17609	47,124	176,715
15,5	240,25	3723,9	3,9370	2,4933	0,64516	1,19033	48,695	188,692
16	256,00	4096,0	4,0000	2,5198	0,62500	1,20412	50,265	201,062
16,5	272,25	4492,1	4,0620	2,5458	0,60606	1,21748	51,836	213,825
17	289,00	4913,0	4,1231	2,5713	0,58824	1,23045	53,407	226,980
17,5	306,25	5359,4	4,1833	2,5962	0,57143	1,24304	54,978	240,528
18	324,00	5832,0	4,2426	2,6207	0,55556	1,25527	56,549	254,469
18,5	342,25	6331,6	4,3012	2,6448	0,54054	1,26717	58,119	268,803
19	361,00	6859,0	4,3589	2,6684	0,52632	1,27875	59,690	283,529
19,5	380,25	7414,9	4,4159	2,6916	0,51282	1,29003	61,261	298,648
20	400	8000	4,4721	2,7144	0,50000	1,30103	62,832	314,159
21	441	9261	4,5826	2,7589	0,47619	1,32222	65,973	346,361
22	484	10648	4,6904	2,8020	0,45455	1,34242	69,115	380,133
23	529	12167	4,7958	2,8439	0,43478	1,36173	72,257	415,476
24	576	13824	4,8990	2,8845	0,41667	1,38021	75,398	452,389
25	625	15625	5,0000	2,9240	0,40000	1,39794	78,540	490,874
26	676	17576	5,0990	2,9625	0,38462	1,41497	81,681	530,929
27	729	19683	5,1962	3,0000	0,37037	1,43136	84,823	572,555
28	784	21952	5,2915	3,0366	0,35714	1,44716	87,965	615,752
29	841	24389	5,3852	3,0723	0,34483	1,46240	91,106	660,520
30	900	27000	5,4772	3,1072	0,33333	1,47712	94,248	706,858
31	961	29791	5,5678	3,1414	0,32258	1,49136	97,389	754,768
32	1024	32768	5,6569	3,1748	0,31250	1,50515	100,53	804,248
33	1089	35937	5,7446	3,2075	0,30303	1,51851	103,67	855,299
34	1156	39304	5,8310	3,2396	0,29412	1,53148	106,81	907,920
35	1225	42875	5,9161	3,2711	0,28571	1,54407	109,96	962,113
36	1296	46656	6,0000	3,3019	0,27778	1,55630	113,10	1017,88
37	1369	50653	6,0828	3,3322	0,27027	1,56820	116,24	1075,21
38	1444	54872	6,1644	3,3620	0,26316	1,57978	119,38	1134,11
39	1521	59319	6,2450	3,3912	0,25641	1,59106	122,52	1194,59
40	1600	64000	6,3246	3,4200	0,25000	1,60206	125,66	1256,64
41	1681	68921	6,4031	3,4482	0,24390	1,61278	128,81	1320,25
42	1764	74088	6,4807	3,4760	0,23810	1,62325	131,95	1385,44
43	1849	79507	6,5574	3,5034	0,23256	1,63347	135,09	1452,20
44	1936	85184	6,6332	3,5303	0,22727	1,64345	138,23	1520,53
45	2025	91125	6,7082	3,5569	0,22222	1,65321	141,37	1590,43
46	2116	97336	6,7823	3,5830	0,21739	1,66276	144,51	1661,90
47	2209	103823	6,8557	3,6088	0,21277	1,67210	147,65	1734,94
48	2304	110592	6,9282	3,6342	0,20833	1,68124	150,80	1809,56
49	2401	117649	7,0000	3,6593	0,20408	1,69020	153,94	1885,74

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 10$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
50	2500	125000	7,0711	3,6840	0,20000	1,69897	157,08	1963,50
51	2601	132651	7,1414	3,7034	0,19608	1,70757	160,22	2042,82
52	2704	140608	7,2111	3,7325	0,19231	1,71600	163,36	2123,72
53	2809	148877	7,2901	3,7563	0,18868	1,72428	166,50	2206,18
54	2916	157464	7,3485	3,7798	0,18519	1,73239	169,65	2290,22
55	3025	166375	7,4162	3,8030	0,18182	1,74036	172,79	2375,83
56	3136	175616	7,4833	3,8259	0,17857	1,74819	175,93	2463,01
57	3249	185193	7,5498	3,8485	0,17544	1,75587	179,07	2551,76
58	3364	195112	7,6158	3,8709	0,17241	1,76343	182,21	2642,08
59	3481	205379	7,6811	3,8930	0,16949	1,77085	185,35	2733,97
60	3600	216000	7,7460	3,9149	0,16667	1,77815	188,50	2827,43
61	3721	226981	7,8102	3,9365	0,16393	1,78533	191,64	2922,47
62	3844	238328	7,8740	3,9579	0,16129	1,79239	194,78	3019,07
63	3969	250047	7,9373	3,9791	0,15873	1,79934	197,92	3117,25
64	4096	262144	8,0000	4,0000	0,15625	1,80618	201,06	3216,99
65	4225	274625	8,0623	4,0207	0,15385	1,81291	204,20	3318,31
66	4356	287496	8,1240	4,0412	0,15152	1,81954	207,35	3421,19
67	4489	300763	8,1854	4,0615	0,14925	1,82607	210,49	3525,65
68	4624	314432	8,2462	4,0817	0,14706	1,83251	213,63	3631,68
69	4761	328509	8,3066	4,1016	0,14493	1,83885	216,77	3739,28
70	4900	343000	8,3666	4,1213	0,14286	1,84510	219,91	3848,45
71	5041	357911	8,4261	4,1408	0,14085	1,85126	223,05	3959,19
72	5184	373248	8,4853	4,1602	0,13889	1,85733	226,19	4071,50
73	5329	389017	8,5440	4,1793	0,13699	1,86332	229,34	4185,39
74	5476	405224	8,6023	4,1983	0,13514	1,86923	232,48	4300,84
75	5625	421875	8,6603	4,2172	0,13333	1,87506	235,62	4417,86
76	5776	438976	8,7178	4,2358	0,13158	1,88081	238,76	4536,46
77	5929	456533	8,7750	4,2543	0,12987	1,88649	241,90	4656,63
78	6084	474552	8,8318	4,2727	0,12821	1,89209	245,04	4778,36
79	6241	493039	8,8882	4,2908	0,12658	1,89763	248,19	4901,67
80	6400	512000	8,9443	4,3089	0,12500	1,90309	251,33	5026,55
81	6561	531441	9,0000	4,3267	0,12346	1,90849	254,47	5153,00
82	6724	551368	9,0554	4,3445	0,12195	1,91381	257,61	5281,02
83	6889	571787	9,1104	4,3621	0,12048	1,91908	260,75	5410,61
84	7056	592704	9,1652	4,3795	0,11905	1,92428	263,89	5541,77
85	7225	614125	9,2195	4,3968	0,11765	1,92942	267,04	5674,50
86	7396	636056	9,2736	4,4140	0,11628	1,93450	270,18	5808,80
87	7569	658503	9,3274	4,4310	0,11494	1,93952	273,32	5944,68
88	7744	681472	9,3808	4,4480	0,11364	1,94448	276,46	6082,12
89	7921	704969	9,4340	4,4647	0,11236	1,94939	279,60	6221,14
90	8100	729000	9,4868	4,4814	0,11111	1,95424	282,74	6361,73
91	8281	753571	9,5394	4,4979	0,10989	1,95904	285,88	6503,88
92	8464	778688	9,5917	4,5144	0,10870	1,96379	289,03	6647,61
93	8649	804357	9,6437	4,5307	0,10753	1,96848	292,17	6792,91
94	8836	830584	9,6954	4,5468	0,10638	1,97313	295,31	6939,78
95	9025	857375	9,7468	4,5629	0,10526	1,97772	298,45	7088,22
96	9216	884736	9,7980	4,5789	0,10417	1,98227	301,59	7238,23
97	9409	912673	9,8489	4,5947	0,10309	1,98677	304,73	7389,81
98	9604	941192	9,8995	4,6104	0,10204	1,99123	307,88	7542,96
99	9801	970299	9,9499	4,6261	0,10101	1,99564	311,02	7697,69

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	1,00000	2,00000	314,16	7853,98
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	0,99010	2,00432	317,30	8011,85
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	0,96039	2,00860	320,44	8171,28
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	0,97087	2,01284	323,58	8332,29
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	0,96154	2,01703	326,73	8494,87
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	0,95238	2,02119	329,87	8659,01
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	0,94340	2,02531	333,01	8824,73
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	0,93458	2,02938	336,15	8992,02
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	0,92593	2,03342	339,29	9160,88
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	0,91743	2,03743	342,43	9331,32
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	0,90909	2,04139	345,58	9503,32
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	0,90090	2,04532	348,72	9676,89
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	0,89286	2,04922	351,86	9852,03
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	0,88496	2,05308	355,00	10028,7
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	0,87719	2,05690	358,14	10207,0
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	0,86957	2,06070	361,28	10386,9
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	0,86207	2,06446	364,42	10568,3
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	0,85470	2,06819	367,57	10751,3
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	0,84746	2,07188	370,71	10935,9
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	0,84034	2,07555	373,85	11122,0
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	0,83333	2,07918	376,99	11309,7
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	0,82645	2,08279	380,13	11499,0
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	0,81967	2,08636	383,27	11689,9
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	0,81301	2,08991	386,42	11882,3
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	0,80645	2,09342	389,56	12076,3
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	0,80000	2,09691	392,70	12271,8
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	0,79365	2,10037	395,84	12469,0
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	0,78740	2,10380	398,98	12667,7
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	0,78125	2,10721	402,12	12868,0
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	0,77519	2,11059	405,27	13069,8
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	0,76923	2,11394	408,41	13273,2
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	0,76336	2,11727	411,55	13478,2
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	0,75758	2,12057	414,69	13684,8
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	0,75188	2,12385	417,83	13892,9
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	0,74627	2,12710	420,97	14102,6
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	0,74074	2,13033	424,12	14313,9
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	0,73529	2,13354	427,26	14526,7
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	0,72993	2,13672	430,40	14741,1
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	0,72464	2,13988	433,54	14957,1
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	0,71942	2,14301	436,68	15174,7
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	0,71429	2,14613	439,82	15393,8
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	0,70922	2,14922	442,96	15614,5
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	0,70423	2,15229	446,11	15836,8
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	0,69930	2,15534	449,25	16060,6
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	0,69444	2,15836	452,39	16286,0
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	0,68966	2,16137	455,53	16513,0
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	0,68493	2,16435	458,67	16741,5
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	0,68027	2,16732	461,81	16971,7
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	0,67568	2,17026	464,96	17203,4
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	0,67114	2,17319	468,10	17436,6

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	0,66667	2,17609	471,24	17671,5
151	22801	3442951	12,2882	5,3251	0,66225	2,17898	474,38	17907,9
152	23104	3511808	12,3288	5,3368	0,65790	2,18184	477,52	18145,8
153	23409	3581577	12,3693	5,3485	0,65360	2,18469	480,66	18385,4
154	23716	3652264	12,4097	5,3601	0,64935	2,18752	483,81	18626,5
155	24025	3723875	12,4499	5,3717	0,64516	2,19033	486,95	18869,2
156	24336	3796416	12,4900	5,3832	0,64103	2,19312	490,09	19113,4
157	24649	3869893	12,5300	5,3947	0,63694	2,19590	493,23	19359,3
158	24964	3944312	12,5698	5,4061	0,63291	2,19866	496,37	19606,7
159	25281	4019679	12,6095	5,4175	0,62893	2,20140	499,51	19855,7
160	25600	4096000	12,6491	5,4288	0,62500	2,20412	502,65	20106,2
161	25921	4173281	12,6886	5,4401	0,62112	2,20683	505,80	20358,3
162	26244	4251528	12,7279	5,4514	0,61728	2,20952	508,94	20612,0
163	26569	4330747	12,7671	5,4626	0,61350	2,21219	512,08	20867,2
164	26896	4410944	12,8062	5,4737	0,60976	2,21484	515,22	21124,1
165	27225	4492125	12,8452	5,4848	0,60606	2,21748	518,36	21382,5
166	27556	4574296	12,8841	5,4959	0,60241	2,22011	521,50	21642,4
167	27889	4657463	12,9228	5,5069	0,59880	2,22272	524,65	21904,0
168	28224	4741632	12,9615	5,5178	0,59524	2,22531	527,79	22167,1
169	28561	4826809	13,0000	5,5288	0,59172	2,22789	530,93	22431,8
170	28900	4913000	13,0384	5,5397	0,58824	2,23045	534,07	22698,0
171	29241	5000211	13,0767	5,5505	0,58480	2,23300	537,21	22965,8
172	29584	5088448	13,1149	5,5613	0,58140	2,23553	540,35	23235,2
173	29929	5177717	13,1529	5,5721	0,57804	2,23805	543,50	23506,2
174	30276	5268024	13,1909	5,5828	0,57471	2,24055	546,64	23778,7
175	30625	5359375	13,2288	5,5934	0,57143	2,24304	549,78	24052,8
176	30976	5451776	13,2665	5,6041	0,56818	2,24551	552,92	24328,5
177	31329	5545233	13,3041	5,6147	0,56497	2,24797	556,06	24605,7
178	31684	5639752	13,3417	5,6252	0,56180	2,25042	559,20	24884,6
179	32041	5735339	13,3791	5,6357	0,55866	2,25285	562,35	25164,9
180	32400	5832000	13,4164	5,6462	0,55556	2,25527	565,49	25446,9
181	32761	5929741	13,4536	5,6567	0,55249	2,25768	568,63	25730,4
182	33124	6028568	13,4907	5,6671	0,54945	2,26007	571,77	26015,5
183	33489	6128487	13,5277	5,6774	0,54645	2,26245	574,91	26302,2
184	33856	6229504	13,5647	5,6877	0,54348	2,26482	578,05	26590,4
185	34225	6331625	13,6015	5,6980	0,54054	2,26717	581,19	26880,3
186	34596	6434856	13,6382	5,7083	0,53763	2,26951	584,34	27171,6
187	34969	6539203	13,6748	5,7185	0,53476	2,27184	587,48	27464,6
188	35344	6644672	13,7113	5,7287	0,53192	2,27416	590,62	27759,1
189	35721	6751269	13,7477	5,7388	0,52910	2,27646	593,76	28055,2
190	36100	6859000	13,7840	5,7489	0,52632	2,27875	596,90	28352,9
191	36481	6967871	13,8203	5,7590	0,52356	2,28103	600,04	28652,1
192	36864	7077888	13,8564	5,7690	0,52083	2,28330	603,19	28952,9
193	37249	7189057	13,8924	5,7790	0,51814	2,28556	606,33	29255,3
194	37636	7301384	13,9284	5,7890	0,51546	2,28780	609,47	29559,2
195	38025	7414875	13,9642	5,7989	0,51282	2,29003	612,61	29864,8
196	38416	7529536	14,0000	5,8088	0,51020	2,29226	615,75	30171,9
197	38809	7645373	14,0357	5,8186	0,50761	2,29447	618,89	30480,5
198	39204	7762392	14,0712	5,8285	0,50505	2,29667	622,04	30790,7
199	39601	7880599	14,1067	5,8383	0,50251	2,29885	625,18	31102,6

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	0,50000	2,30103	628,32	31415,9
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	0,49751	2,30320	631,46	31730,9
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	0,49505	2,30535	634,60	32047,4
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	0,49261	2,30750	637,74	32365,5
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	0,49020	2,30963	640,88	32685,1
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	0,48781	2,31175	644,03	33006,4
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	0,48544	2,31387	647,17	33329,2
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	0,48309	2,31597	650,31	33653,5
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	0,48077	2,31806	653,45	33979,5
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	0,47847	2,32015	656,59	34307,0
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	0,47619	2,32222	659,73	34636,1
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	0,47393	2,32428	662,88	34966,7
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	0,47170	2,32634	666,02	35298,9
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	0,46948	2,32838	669,16	35632,7
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	0,46729	2,33041	672,30	35968,1
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	0,46512	2,33244	675,44	36305,0
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	0,46296	2,33445	678,58	36643,5
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	0,46083	2,33646	681,73	36983,6
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	0,45872	2,33846	684,87	37325,3
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	0,45662	2,34044	688,01	37668,5
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	0,45455	2,34242	691,15	38013,3
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	0,45249	2,34439	694,29	38359,6
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	0,45045	2,34635	697,43	38707,6
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	0,44843	2,34830	700,58	39057,1
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	0,44643	2,35025	703,72	39408,1
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	0,44444	2,35218	706,86	39760,8
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	0,44248	2,35411	710,00	40115,0
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	0,44053	2,35603	713,14	40470,8
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	0,43860	2,35793	716,28	40828,1
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	0,43668	2,35984	719,42	41187,1
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	0,43478	2,36173	722,57	41547,6
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	0,43290	2,36361	725,71	41909,6
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	0,43103	2,36549	728,85	42273,3
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	0,42919	2,36736	731,99	42638,5
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	0,42735	2,36922	735,13	43005,3
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	0,42553	2,37107	738,27	43373,6
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	0,42373	2,37291	741,42	43743,5
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	0,42194	2,37475	744,56	44115,0
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	0,42017	2,37658	747,70	44488,1
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	0,41841	2,37840	750,84	44862,7
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	0,41667	2,38021	753,98	45238,9
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	0,41494	2,38202	757,12	45616,7
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	0,41322	2,38382	760,27	45996,1
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	0,41152	2,38561	763,41	46377,0
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	0,40984	2,38739	766,55	46759,5
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	0,40816	2,38917	769,69	47143,5
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	0,40650	2,39094	772,83	47529,2
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	0,40486	2,39270	775,97	47916,4
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	0,40323	2,39445	779,11	48305,1
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	0,40161	2,39620	782,26	48695,5

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	0,40000	2,39794	785,40	49087,4
251	63001	15813251	15,8430	6,3080	0,39841	2,39967	788,54	49480,9
252	63504	16003008	15,8745	6,3164	0,39683	2,40140	791,68	49875,9
253	64009	16194277	15,9060	6,3247	0,39526	2,40312	794,82	50272,6
254	64516	16387064	15,9374	6,3330	0,39370	2,40483	797,96	50670,7
255	65025	16581375	15,9687	6,3413	0,39216	2,40654	801,11	51070,5
256	65536	16777216	16,0000	6,3496	0,39063	2,40824	804,25	51471,9
257	66049	16974593	16,0312	6,3579	0,38911	2,40993	807,39	51874,8
258	66564	17173512	16,0624	6,3661	0,38760	2,41162	810,53	52279,2
259	67081	17373979	16,0935	6,3743	0,38610	2,41330	813,67	52685,3
260	67600	17576000	16,1245	6,3825	0,38462	2,41497	816,81	53092,9
261	68121	17779581	16,1555	6,3907	0,38314	2,41664	819,96	53502,1
262	68644	17984728	16,1864	6,3988	0,38168	2,41830	823,10	53912,9
263	69169	18191447	16,2173	6,4070	0,38023	2,41996	826,24	54325,2
264	69696	18399744	16,2481	6,4151	0,37879	2,42160	829,38	54739,1
265	70225	18609625	16,2788	6,4232	0,37736	2,42325	832,52	55154,6
266	70756	18821096	16,3095	6,4312	0,37594	2,42488	835,66	55571,6
267	71289	19034163	16,3401	6,4393	0,37453	2,42651	838,81	55990,2
268	71824	19248832	16,3707	6,4473	0,37313	2,42813	841,95	56410,4
269	72361	19465109	16,4012	6,4553	0,37175	2,42975	845,09	56832,2
270	72900	19683000	16,4317	6,4633	0,37037	2,43136	848,23	57255,5
271	73441	19902511	16,4621	6,4713	0,36900	2,43297	851,37	57680,4
272	73984	20123648	16,4924	6,4792	0,36765	2,43457	854,51	58106,9
273	74529	20346417	16,5227	6,4872	0,36630	2,43616	857,65	58534,9
274	75076	20570824	16,5529	6,4951	0,36496	2,43775	860,80	58964,6
275	75625	20796875	16,5831	6,5030	0,36364	2,43933	863,94	59395,7
276	76176	21024576	16,6132	6,5108	0,36232	2,44091	867,08	59828,5
277	76729	21253933	16,6433	6,5187	0,36101	2,44248	870,22	60262,8
278	77284	21484952	16,6733	6,5265	0,35971	2,44404	873,36	60698,7
279	77841	21717639	16,7033	6,5343	0,35842	2,44560	876,50	61136,2
280	78400	21952000	16,7332	6,5421	0,35714	2,44716	879,65	61575,2
281	78961	22188041	16,7631	6,5499	0,35587	2,44871	882,79	62015,8
282	79524	22425768	16,7929	6,5577	0,35461	2,45025	885,93	62458,0
283	80089	22665187	16,8226	6,5654	0,35336	2,45179	889,07	62901,8
284	80656	22906304	16,8523	6,5731	0,35211	2,45332	892,21	63347,1
285	81225	23149125	16,8819	6,5808	0,35088	2,45484	895,35	63794,0
286	81796	23393656	16,9115	6,5885	0,34965	2,45637	898,50	64242,4
287	82369	23639903	16,9411	6,5962	0,34843	3,45788	901,64	64692,5
288	82944	23887872	16,9706	6,6039	0,34722	2,45939	904,78	65144,1
289	83521	24137569	17,0000	6,6115	0,34602	2,46090	907,92	65597,2
290	84100	24389000	17,0294	6,6191	0,34483	2,46240	911,06	66052,0
291	84681	24642171	17,0587	6,6267	0,34364	2,46389	914,20	66508,3
292	85264	24897088	17,0880	6,6343	0,34247	2,46538	917,35	66966,2
293	85849	25153757	17,1172	6,6419	0,34130	2,46687	920,49	67425,6
294	86436	25412184	17,1464	6,6494	0,34014	2,46835	923,63	67886,7
295	87025	25672375	17,1756	6,6569	0,33898	2,46982	926,77	68349,3
296	87616	25934336	17,2047	6,6644	0,33784	2,47129	929,91	68813,4
297	88209	26198073	17,2337	6,6719	0,33670	2,47276	933,05	69279,2
298	88804	26463592	17,2627	6,6794	0,33557	2,47422	936,19	69746,5
299	89401	26730899	17,2916	6,6869	0,33445	2,47567	939,34	70215,4

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	0,33333	2,47712	942,48	70685,8
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	0,33223	2,47857	945,62	71157,9
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	0,33113	2,48001	948,76	71631,5
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	0,33003	2,48144	951,90	72106,6
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	0,32895	2,48287	955,04	72583,4
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	0,32787	2,48430	958,19	73061,7
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	0,32680	2,48572	961,33	73541,5
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	0,32573	2,48714	964,47	74023,0
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	0,32468	2,48855	967,61	74506,0
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	0,32363	2,48996	970,75	74990,6
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	0,32258	2,49136	973,89	75476,8
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	0,32154	2,49276	977,04	75964,5
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	0,32051	2,49415	980,18	76453,8
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	0,31949	2,49554	983,32	76944,7
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	0,31847	2,49693	986,46	77437,1
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	0,31746	2,49831	989,60	77931,1
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	0,31646	2,49969	992,74	78426,7
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	0,31546	2,50106	995,88	78923,9
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	0,31447	2,50243	999,03	79422,6
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	0,31348	2,50379	1002,2	79922,9
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	0,31250	2,50515	1005,3	80424,8
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	0,31153	2,50651	1008,5	80928,2
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	0,31056	2,50786	1011,6	81433,2
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	0,30960	2,50920	1014,7	81939,8
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	0,30864	2,51055	1017,9	82448,0
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	0,30769	2,51188	1021,0	82957,7
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	0,30675	2,51322	1024,2	83469,0
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	0,30581	2,51455	1027,3	83981,8
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	0,30488	2,51587	1030,4	84496,3
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	0,30395	2,51720	1033,6	85012,3
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	0,30303	2,51851	1036,7	85529,9
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	0,30212	2,51983	1039,9	86049,0
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	0,30121	2,52114	1043,0	86569,7
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	0,30030	2,52244	1046,2	87092,0
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	0,29940	2,52375	1049,3	87615,9
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	0,29851	2,52504	1052,4	88141,3
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	0,29762	2,52634	1055,6	88668,3
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	0,29674	2,52763	1058,7	89196,9
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	0,29586	2,52892	1061,9	89727,0
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	0,29499	2,53020	1065,0	90258,7
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	0,29412	2,53148	1068,1	90792,0
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	0,29326	2,53275	1071,3	91326,9
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	0,29240	2,53403	1074,4	91863,3
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	0,29155	2,53529	1077,6	92401,3
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	0,29070	2,53656	1080,7	92940,9
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	0,28986	2,53782	1083,8	93482,0
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	0,28902	2,53908	1087,0	94024,7
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	0,28818	2,54033	1090,1	94569,0
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	0,28736	2,54158	1093,3	95114,9
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	0,28653	2,54283	1096,4	95662,3

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	0,28571	2,54407	1099,6	96211,3
351	123201	43243551	18,7350	7,0540	0,28490	2,54531	1102,7	96761,8
352	123904	43614208	18,7617	7,0607	0,28409	2,54654	1105,8	97314,0
353	124609	43986977	18,7883	7,0674	0,28329	2,54777	1109,0	97867,7
354	125316	44361864	18,8149	7,0740	0,28249	2,54900	1112,1	98423,0
355	126025	44738875	18,8414	7,0807	0,28169	2,55023	1115,3	98979,8
356	126736	45118016	18,8680	7,0873	0,28090	2,55145	1118,4	99538,2
357	127449	45499293	18,8944	7,0940	0,28011	2,55267	1121,5	100098
358	128164	45882712	18,9209	7,1006	0,27933	2,55388	1124,7	100660
359	128881	46268279	18,9473	7,1072	0,27855	2,55509	1127,8	101223
360	129600	46656000	18,9737	7,1138	0,27778	2,55630	1131,0	101788
361	130321	47045881	19,0000	7,1204	0,27701	2,55751	1134,1	102354
362	131044	47437928	19,0263	7,1269	0,27624	2,55871	1137,3	102922
363	131769	47832147	19,0526	7,1335	0,27548	2,55991	1140,4	103491
364	132496	48228544	19,0788	7,1400	0,27473	2,56110	1143,5	104062
365	133225	48627125	19,1050	7,1466	0,27397	2,56229	1146,7	104635
366	133956	49027896	19,1311	7,1531	0,27322	2,56348	1149,8	105209
367	134689	49430863	19,1572	7,1596	0,27248	2,56467	1153,0	105785
368	135424	49836032	19,1833	7,1661	0,27174	2,56585	1156,1	106362
369	136161	50243409	19,2094	7,1726	0,27100	2,56703	1159,2	106941
370	136900	50653000	19,2354	7,1791	0,27027	2,56820	1162,4	107521
371	137641	51064811	19,2614	7,1855	0,26954	2,56937	1165,5	108103
372	138384	51478848	19,2873	7,1920	0,26882	2,57054	1168,7	108687
373	139129	51895117	19,3132	7,1984	0,26810	2,57171	1171,8	109272
374	139876	52313624	19,3391	7,2048	0,26738	2,57287	1175,0	109858
375	140625	52734375	19,3649	7,2112	0,26667	2,57403	1178,1	110447
376	141376	53157376	19,3907	7,2177	0,26596	2,57519	1181,2	111036
377	142129	53582633	19,4165	7,2240	0,26525	2,57634	1184,4	111628
378	142884	54010152	19,4422	7,2304	0,26455	2,57749	1187,5	112221
379	143641	54439939	19,4679	7,2368	0,26385	2,57864	1190,7	112815
380	144400	54872000	19,4936	7,2432	0,26316	2,57978	1193,8	113411
381	145161	55306341	19,5192	7,2495	0,26247	2,58092	1196,9	114009
382	145924	55742968	19,5448	7,2558	0,26178	2,58206	1200,1	114608
383	146689	56181887	19,5704	7,2622	0,26110	2,58320	1203,2	115209
384	147456	56623104	19,5959	7,2685	0,26042	2,58433	1206,4	115812
385	148225	57066625	19,6214	7,2748	0,25974	2,58546	1209,5	116416
386	148996	57512456	19,6469	7,2811	0,25907	2,58659	1212,7	117021
387	149769	57960603	19,6723	7,2874	0,25840	2,58771	1215,8	117628
388	150544	58411072	19,6977	7,2936	0,25773	2,58883	1218,9	118237
389	151321	58863869	19,7231	7,2999	0,25707	2,58995	1222,1	118847
390	152100	59319000	19,7484	7,3061	0,25641	2,59106	1225,2	119459
391	152881	59776471	19,7737	7,3124	0,25575	2,59218	1228,4	120072
392	153664	60236288	19,7990	7,3186	0,25510	2,59329	1231,5	120687
393	154449	60698457	19,8242	7,3248	0,25445	2,59439	1234,6	121304
394	155236	61162984	19,8494	7,3310	0,25381	2,59550	1237,8	121922
395	156025	61629875	19,8746	7,3372	0,25317	2,59660	1240,9	122542
396	156816	62099136	19,8997	7,3434	0,25253	2,59770	1244,1	123163
397	157609	62570773	19,9249	7,3496	0,25189	2,59879	1247,2	123786
398	158404	63044792	19,9499	7,3558	0,25126	2,59988	1250,4	124410
399	159201	63521199	19,9750	7,3619	0,25063	2,60097	1253,5	125036



$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	0,25000	2,60206	1256,6	125664
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	0,24938	2,60314	1259,8	126293
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	0,24876	2,60423	1262,9	126923
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	0,24814	2,60531	1266,1	127556
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	0,24753	2,60638	1269,2	128190
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	0,24691	2,60746	1272,3	128825
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	0,24631	2,60853	1275,5	129462
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	0,24570	2,60959	1278,6	130100
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	0,24510	2,61066	1281,8	130741
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	0,24450	2,61172	1284,9	131382
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	0,24390	2,61278	1288,1	132025
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	0,24331	2,61384	1291,2	132670
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	0,24272	2,61490	1294,3	133317
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	0,24213	2,61595	1297,5	133965
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	0,24155	2,61700	1300,6	134614
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	0,24096	2,61805	1303,8	135265
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	0,24039	2,61909	1306,9	135918
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	0,23981	2,62014	1310,0	136572
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	0,23923	2,62118	1313,2	137228
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	0,23866	2,62221	1316,3	137885
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	0,23810	2,62325	1319,5	138544
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	0,23753	2,62428	1322,6	139205
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	0,23697	2,62531	1325,8	139867
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	0,23641	2,62634	1328,9	140531
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	0,23585	2,62737	1332,0	141196
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	0,23529	2,62839	1335,2	141863
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	0,23474	2,62941	1338,3	142531
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	0,23419	2,63043	1341,5	143201
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	0,23365	2,63144	1344,6	143872
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	0,23310	2,63246	1347,7	144545
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	0,23256	2,63347	1350,9	145220
431	185761	80062991	20,7605	7,5537	0,23202	2,63448	1354,0	145896
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	0,23148	2,63548	1357,2	146574
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	0,23095	2,63649	1360,3	147254
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	0,23042	2,63749	1363,5	147934
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	0,22989	2,63849	1366,6	148617
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	0,22936	2,63949	1369,7	149301
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	0,22883	2,64048	1372,9	149987
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	0,22831	2,64147	1376,0	150674
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	0,22779	2,64246	1379,2	151363
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	0,22727	2,64345	1382,3	152053
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	0,22676	2,64444	1385,4	152745
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	0,22624	2,64542	1388,6	153439
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	0,22573	2,64640	1391,7	154134
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	0,22523	2,64738	1394,9	154830
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	0,22472	2,64836	1398,0	155528
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	0,22422	2,64933	1401,2	156228
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	0,22371	2,65031	1404,3	156930
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	0,22321	2,65128	1407,4	157633
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	0,22272	2,65225	1410,6	158337

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	0,22222	2,65321	1413,7	159043
451	203401	91733851	21,2368	7,6688	0,22173	2,65418	1416,9	159751
452	204304	92345408	21,2603	7,6744	0,22124	2,65514	1420,0	160460
453	205209	92959677	21,2838	7,6801	0,22075	2,65610	1423,1	161171
454	206116	93576664	21,3073	7,6857	0,22026	2,65706	1426,3	161883
455	207025	94196375	21,3307	7,6914	0,21978	2,65801	1429,4	162597
456	207936	94818816	21,3542	7,6970	0,21930	2,65896	1432,6	163313
457	208849	95443993	21,3776	7,7026	0,21882	2,65992	1435,7	164030
458	209764	96071912	21,4009	7,7082	0,21834	2,66087	1438,8	164748
459	210681	96702579	21,4243	7,7138	0,21787	2,66181	1442,0	165468
460	211600	97336000	21,4476	7,7194	0,21739	2,66276	1445,1	166190
461	212521	97972181	21,4709	7,7250	0,21692	2,66370	1448,3	166914
462	213444	98611128	21,4942	7,7306	0,21645	2,66464	1451,4	167639
463	214369	99252847	21,5174	7,7362	0,21598	2,66558	1454,6	168365
464	215296	99897344	21,5407	7,7418	0,21552	2,66652	1457,7	169093
465	216225	100544625	21,5639	7,7473	0,21505	2,66745	1460,8	169823
466	217156	101194696	21,5870	7,7529	0,21459	2,66839	1464,0	170554
467	218089	101847563	21,6102	7,7584	0,21413	2,66932	1467,1	171287
468	219024	102503232	21,6333	7,7639	0,21368	2,67025	1470,3	172021
469	219961	103161709	21,6564	7,7695	0,21322	2,67117	1473,4	172757
470	220900	103823000	21,6795	7,7750	0,21277	2,67210	1476,5	173494
471	221841	104487111	21,7025	7,7805	0,21231	2,67302	1479,7	174234
472	222784	105154048	21,7256	7,7860	0,21186	2,67394	1482,8	174974
473	223729	105823817	21,7486	7,7915	0,21142	2,67486	1486,0	175716
474	224676	106496424	21,7715	7,7970	0,21097	2,67578	1489,1	176460
475	225625	107171875	21,7945	7,8025	0,21053	2,67669	1492,3	177205
476	226576	107850176	21,8174	7,8079	0,21008	2,67761	1495,4	177952
477	227529	108531333	21,8403	7,8134	0,20964	2,67852	1498,5	178701
478	228484	109215352	21,8632	7,8188	0,20921	2,67943	1501,7	179451
479	229441	109902239	21,8861	7,8243	0,20877	2,68034	1504,8	180203
480	230400	110592000	21,9089	7,8297	0,20833	2,68124	1508,0	180956
481	231361	111284641	21,9317	7,8352	0,20790	2,68215	1511,1	181711
482	232324	111980168	21,9545	7,8406	0,20747	2,68305	1514,2	182467
483	233289	112678587	21,9773	7,8460	0,20704	2,68395	1517,4	183225
484	234256	113379904	22,0000	7,8514	0,20661	2,68485	1520,5	183984
485	235225	114084125	22,0227	7,8568	0,20619	2,68574	1523,7	184745
486	236196	114791256	22,0454	7,8622	0,20576	2,68664	1526,8	185508
487	237169	115501303	22,0681	7,8676	0,20534	2,68753	1530,0	186272
488	238144	116214272	22,0907	7,8730	0,20492	2,68842	1533,1	187038
489	239121	116930169	22,1133	7,8784	0,20450	2,68931	1536,2	187805
490	240100	117649000	22,1359	7,8837	0,20408	2,69020	1539,4	188574
491	241081	118370771	22,1585	7,8891	0,20367	2,69108	1542,5	189345
492	242064	119095488	22,1811	7,8944	0,20325	2,69197	1545,7	190117
493	243049	119823157	22,2036	7,8998	0,20284	2,69285	1548,8	190890
494	244036	120553784	22,2261	7,9051	0,20243	2,69373	1551,9	191665
495	245025	121287375	22,2486	7,9105	0,20202	2,69461	1555,1	192442
496	246016	122023936	22,2711	7,9158	0,20161	2,69548	1558,2	193221
497	247009	122763473	22,2935	7,9211	0,20121	2,69636	1561,4	194000
498	248004	123505992	22,3159	7,9264	0,20080	2,69723	1564,5	194782
499	249001	124251499	22,3383	7,9317	0,20040	2,69810	1567,7	195565

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	0,20000	2,69897	1570,8	196350
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	0,19960	2,69984	1573,9	197136
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	0,19920	2,70070	1577,1	197923
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	0,19881	2,70157	1580,2	198713
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	0,19841	2,70243	1583,4	199504
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	0,19802	2,70329	1586,5	200296
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	0,19763	2,70415	1589,6	201090
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	0,19724	2,70501	1592,8	201886
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	0,19685	2,70586	1595,9	202683
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	0,19646	2,70672	1599,1	203482
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	0,19608	2,70757	1602,2	204282
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	0,19570	2,70842	1605,4	205084
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	0,19531	2,70927	1608,5	205887
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	0,19493	2,71012	1611,6	206692
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	0,19455	2,71096	1614,8	207499
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	0,19418	2,71181	1617,9	208307
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	0,19380	2,71265	1621,1	209117
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	0,19342	2,71349	1624,2	209928
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	0,19305	2,71433	1627,3	210741
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	0,19268	2,71517	1630,5	211556
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	0,19231	2,71600	1633,6	212372
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	0,19194	2,71684	1636,8	213189
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	0,19157	2,71767	1639,9	214008
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	0,19121	2,71850	1643,1	214829
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	0,19084	2,71933	1646,2	215651
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	0,19048	2,72016	1649,3	216475
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	0,19011	2,72099	1652,5	217301
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	0,18975	2,72181	1655,6	218128
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	0,18939	2,72263	1658,8	218956
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	0,18904	2,72346	1661,9	219787
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	0,18868	2,72428	1665,0	220618
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	0,18832	2,72509	1668,2	221452
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	0,18797	2,72591	1671,3	222287
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	0,18762	2,72673	1674,5	223123
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	0,18727	2,72754	1677,6	223961
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	0,18692	2,72835	1680,8	224801
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	0,18657	2,72916	1683,9	225642
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	0,18622	2,72997	1687,0	226484
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	0,18587	2,73078	1690,2	227329
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	0,18553	2,73159	1693,3	228175
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	0,18519	2,73239	1696,5	229022
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	0,18484	2,73320	1699,6	229871
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	0,18450	2,73400	1702,7	230722
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	0,18416	2,73480	1705,9	231574
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	0,18382	2,73560	1709,0	232428
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	0,18349	2,73640	1712,2	233283
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	0,18315	2,73719	1715,3	234140
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	0,18282	2,73799	1718,5	234998
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	0,18248	2,73878	1721,6	235858
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	0,18215	2,73957	1724,7	236720

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	0,18182	2,74036	1727,9	237583
551	303601	167284151	23,4734	8,1982	0,18149	2,74115	1731,0	238448
552	304704	168196608	23,4947	8,2031	0,18116	2,74194	1734,2	239314
553	305809	169112377	23,5160	8,2081	0,18083	2,74273	1737,3	240182
554	306916	170031464	23,5372	8,2130	0,18051	2,74351	1740,4	241051
555	308025	170953875	23,5584	8,2180	0,18018	2,74429	1743,6	241922
556	309136	171879616	23,5797	8,2229	0,17986	2,74507	1746,7	242795
557	310249	172808693	23,6008	8,2278	0,17953	2,74586	1749,9	243669
558	311364	173741112	23,6220	8,2327	0,17921	2,74663	1753,0	244545
559	312481	174676879	23,6432	8,2377	0,17889	2,74741	1756,2	245422
560	313600	175616000	23,6643	8,2426	0,17857	2,74819	1759,3	246301
561	314721	176558481	23,6854	8,2475	0,17825	2,74896	1762,4	247181
562	315844	177504328	23,7065	8,2524	0,17794	2,74974	1765,6	248063
563	316969	178453547	23,7276	8,2573	0,17762	2,75051	1768,7	248947
564	318096	179406144	23,7487	8,2621	0,17731	2,75128	1771,9	249832
565	319225	180362125	23,7697	8,2670	0,17699	2,75205	1775,0	250719
566	320356	181321496	23,7908	8,2719	0,17668	2,75282	1778,1	251607
567	321489	182284263	23,8118	8,2768	0,17637	2,75358	1781,3	252497
568	322624	183250432	23,8328	8,2816	0,17606	2,75435	1784,4	253388
569	323761	184220009	23,8537	8,2865	0,17575	2,75511	1787,6	254281
570	324900	185193000	23,8747	8,2913	0,17544	2,75587	1790,7	255176
571	326041	186169411	23,8956	8,2962	0,17513	2,75664	1793,8	256072
572	327184	187149248	23,9165	8,3010	0,17483	2,75740	1797,0	256970
573	328329	188132517	23,9374	8,3059	0,17452	2,75815	1800,1	257869
574	329476	189119224	23,9583	8,3107	0,17422	2,75891	1803,3	258770
575	330625	190109375	23,9792	8,3155	0,17391	2,75967	1806,4	259672
576	331776	191102976	24,0000	8,3203	0,17361	2,76042	1809,6	260576
577	332929	192100033	24,0208	8,3251	0,17331	2,76118	1812,7	261482
578	334084	193100552	24,0416	8,3300	0,17301	2,76193	1815,8	262389
579	335241	194104539	24,0624	8,3348	0,17271	2,76268	1819,0	263298
580	336400	195112000	24,0832	8,3396	0,17241	2,76343	1822,1	264208
581	337561	196122941	24,1039	8,3443	0,17212	2,76418	1825,3	265120
582	338724	197137368	24,1247	8,3491	0,17182	2,76492	1828,4	266033
583	339889	198155287	24,1454	8,3539	0,17153	2,76567	1831,6	266948
584	341056	199176704	24,1661	8,3587	0,17123	2,76641	1834,7	267865
585	342225	200201625	24,1868	8,3634	0,17094	2,76716	1837,8	268783
586	343396	201230056	24,2074	8,3682	0,17065	2,76790	1841,0	269703
587	344569	202262003	24,2281	8,3730	0,17036	2,76864	1844,1	270624
588	345744	203297472	24,2487	8,3777	0,17007	2,76938	1847,3	271547
589	346921	204336469	24,2693	8,3825	0,16978	2,77012	1850,4	272471
590	348100	205379000	24,2899	8,3872	0,16949	2,77085	1853,5	273397
591	349281	206425071	24,3105	8,3919	0,16921	2,77159	1856,7	274325
592	350464	207474688	24,3311	8,3967	0,16892	2,77232	1859,8	275254
593	351649	208527857	24,3516	8,4014	0,16863	2,77305	1863,0	276184
594	352836	209584584	24,3721	8,4061	0,16835	2,77379	1866,1	277117
595	354025	210644875	24,3926	8,4108	0,16807	2,77452	1869,2	278051
596	355216	211708736	24,4131	8,4155	0,16779	2,77525	1872,4	278986
597	356409	212776173	24,4336	8,4202	0,16750	2,77597	1875,5	279923
598	357604	213847192	24,4540	8,4249	0,16722	2,77670	1878,7	280862
599	358801	214921799	24,4745	8,4296	0,16695	2,77743	1881,8	281802

$n-d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	0,16667	2,77815	1885,0	282743
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	0,16639	2,77887	1888,1	283687
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	0,16611	2,77960	1891,2	284631
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	0,16584	2,78032	1894,4	285578
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	0,16556	2,78104	1897,5	286526
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	0,16529	2,78176	1900,7	287475
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	0,16502	2,78247	1903,8	288426
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	0,16475	2,78319	1906,9	289379
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	0,16447	2,78390	1910,1	290333
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	0,16420	2,78462	1913,2	291289
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	0,16393	2,78533	1916,4	292247
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	0,16367	2,78604	1919,5	293206
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	0,16340	2,78675	1922,7	294166
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	0,16313	2,78746	1925,8	295128
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	0,16287	2,78817	1928,9	296092
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	0,16260	2,78888	1932,1	297057
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	0,16234	2,78958	1935,2	298024
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	0,16208	2,79029	1938,4	298992
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	0,16181	2,79099	1941,5	299962
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	0,16155	2,79169	1944,6	300934
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	0,16129	2,79239	1947,8	301907
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	0,16103	2,79309	1950,9	302882
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	0,16077	2,79379	1954,1	303858
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	0,16051	2,79449	1957,2	304836
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	0,16026	2,79518	1960,4	305815
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	0,16000	2,79588	1963,5	306796
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	0,15974	2,79657	1966,6	307779
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	0,15949	2,79727	1969,8	308763
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	0,15924	2,79796	1972,9	309748
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	0,15898	2,79865	1976,1	310736
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	0,15873	2,79934	1979,2	311725
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	0,15848	2,80003	1982,3	312715
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	0,15823	2,80072	1985,5	313707
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	0,15798	2,80140	1988,6	314700
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	0,15773	2,80209	1991,8	315696
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	0,15748	2,80277	1994,9	316692
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	0,15723	2,80346	1998,1	317690
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	0,15699	2,80414	2001,2	318690
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	0,15674	2,80482	2004,3	319692
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	0,15650	2,80550	2007,5	320695
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	0,15625	2,80618	2010,6	321699
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	0,15601	2,80686	2013,8	322705
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	0,15576	2,80754	2016,9	323713
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	0,15552	2,80821	2020,0	324722
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	0,15528	2,80889	2023,2	325733
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	0,15504	2,80956	2026,3	326745
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	0,15480	2,81023	2029,5	327759
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	0,15456	2,81090	2032,6	328775
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	0,15432	2,81158	2035,8	329792
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	0,15408	2,81224	2038,9	330810

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	0,15385	2,81291	2042,0	331831
651	423801	275894451	25,5147	8,6668	0,15361	2,81358	2045,2	332853
652	425104	277167808	25,5343	8,6713	0,15337	2,81425	2048,3	333876
653	426409	278445077	25,5539	8,6757	0,15314	2,81491	2051,5	334901
654	427716	279726264	25,5734	8,6801	0,15291	2,81558	2054,6	335927
655	429025	281011375	25,5930	8,6845	0,15267	2,81624	2057,7	336955
656	430336	282300416	25,6125	8,6890	0,15244	2,81690	2060,9	337985
657	431649	283593393	25,6320	8,6934	0,15221	2,81757	2064,0	339016
658	432964	284890312	25,6515	8,6978	0,15198	2,81823	2067,2	340049
659	434281	286191179	25,6710	8,7022	0,15175	2,81889	2070,3	341083
660	435600	287496000	25,6905	8,7066	0,15152	2,81954	2073,5	342119
661	436921	288804781	25,7099	8,7110	0,15129	2,82020	2076,6	343157
662	438244	290117528	25,7294	8,7154	0,15106	2,82086	2079,7	344196
663	439569	291434247	25,7488	8,7198	0,15083	2,82151	2082,9	345237
664	440896	292754944	25,7682	8,7241	0,15060	2,82217	2086,0	346279
665	442225	294079625	25,7876	8,7285	0,15038	2,82282	2089,2	347323
666	443556	295408296	25,8070	8,7329	0,15015	2,82347	2092,3	348368
667	444889	296740963	25,8263	8,7373	0,14993	2,82413	2095,4	349415
668	446224	298077632	25,8457	8,7416	0,14970	2,82478	2098,6	350464
669	447561	299418309	25,8650	8,7460	0,14948	2,82543	2101,7	351514
670	448900	300763000	25,8844	8,7503	0,14925	2,82607	2104,9	352565
671	450241	302111711	25,9037	8,7547	0,14903	2,82672	2108,0	353618
672	451584	303464448	25,9230	8,7590	0,14881	2,82737	2111,2	354673
673	452929	304821217	25,9422	8,7634	0,14859	2,82802	2114,3	355730
674	454276	306182024	25,9615	8,7677	0,14837	2,82866	2117,4	356788
675	455625	307546875	25,9808	8,7721	0,14815	2,82930	2120,6	357847
676	456976	308915776	26,0000	8,7764	0,14793	2,82995	2123,7	358908
677	458329	310288733	26,0192	8,7807	0,14771	2,83059	2126,9	359971
678	459684	311665752	26,0384	8,7850	0,14749	2,83123	2130,0	361035
679	461041	313046839	26,0576	8,7893	0,14728	2,83187	2133,1	362101
680	462400	314432000	26,0768	8,7937	0,14706	2,83251	2136,3	363168
681	463761	315821241	26,0960	8,7980	0,14684	2,83315	2139,4	364237
682	465124	317214568	26,1151	8,8023	0,14663	2,83378	2142,6	365308
683	466489	318611987	26,1343	8,8066	0,14641	2,83442	2145,7	366380
684	467856	320013504	26,1534	8,8109	0,14620	2,83506	2148,8	367453
685	469225	321419125	26,1725	8,8152	0,14599	2,83569	2152,0	368528
686	470596	322828856	26,1916	8,8194	0,14577	2,83632	2155,1	369605
687	471969	324242703	26,2107	8,8237	0,14556	2,83696	2158,3	370684
688	473344	325660672	26,2298	8,8280	0,14535	2,83759	2161,4	371764
689	474721	327082769	26,2488	8,8323	0,14514	2,83822	2164,6	372845
690	476100	328509000	26,2679	8,8366	0,14493	2,83885	2167,7	373928
691	477481	329939371	26,2869	8,8408	0,14472	2,83948	2170,8	375013
692	478864	331373888	26,3059	8,8451	0,14451	2,84011	2174,0	376099
693	480249	332812557	26,3249	8,8493	0,14430	2,84073	2177,1	377187
694	481636	334255384	26,3439	8,8536	0,14409	2,84136	2180,3	378276
695	483025	335702375	26,3629	8,8578	0,14389	2,84198	2183,4	379367
696	484416	337153536	26,3818	8,8621	0,14368	2,84261	2186,5	380459
697	485809	338608873	26,4008	8,8663	0,14347	2,84323	2189,7	381553
698	487204	340068392	26,4197	8,8706	0,14327	2,84386	2192,8	382649
699	488601	341532099	26,4386	8,8748	0,14306	2,84448	2196,0	383746

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	0,14286	2,84510	2199,1	384845
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	0,14265	2,84572	2202,3	385945
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	0,14245	2,84634	2205,4	387047
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	0,14225	2,84696	2208,5	388151
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	0,14205	2,84757	2211,7	389256
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	0,14184	2,84819	2214,8	390363
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	0,14164	2,84880	2218,0	391471
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	0,14144	2,84942	2221,1	392580
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	0,14124	2,85003	2224,2	393692
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	0,14104	2,85065	2227,4	394805
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	0,14085	2,85126	2230,5	395919
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	0,14065	2,85187	2233,7	397035
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	0,14045	2,85248	2236,8	398153
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	0,14025	2,85309	2240,0	399272
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	0,14006	2,85370	2243,1	400393
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	0,13986	2,85431	2246,2	401515
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	0,13967	2,85491	2249,4	402639
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	0,13947	2,85552	2252,5	403765
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	0,13928	2,85612	2255,7	404892
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	0,13908	2,85673	2258,8	406020
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	0,13889	2,85733	2261,9	407150
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	0,13870	2,85794	2265,1	408282
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	0,13850	2,85854	2268,2	409415
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	0,13831	2,85914	2271,4	410550
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	0,13812	2,85974	2274,5	411687
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	0,13793	2,86034	2277,7	412825
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	0,13774	2,86094	2280,8	413965
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	0,13755	2,86153	2283,9	415106
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	0,13736	2,86213	2287,1	416248
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	0,13717	2,86273	2290,2	417393
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	0,13699	2,86332	2293,4	418539
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	0,13680	2,86392	2296,5	419686
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	0,13661	2,86451	2299,6	420835
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	0,13643	2,86510	2302,8	421986
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	0,13624	2,86570	2305,9	423138
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	0,13605	2,86629	2309,1	424293
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	0,13587	2,86688	2312,2	425447
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	0,13569	2,86747	2315,4	426604
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	0,13550	2,86806	2318,5	427762
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	0,13532	2,86864	2321,6	428922
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	0,13514	2,86923	2324,8	430084
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	0,13495	2,86982	2327,9	431247
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	0,13477	2,87040	2331,1	432412
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	0,13459	2,87099	2334,2	433578
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	0,13441	2,87157	2337,3	434746
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	0,13423	2,87216	2340,5	435916
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	0,13405	2,87274	2343,6	437087
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	0,13387	2,87332	2346,8	438259
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	0,13369	2,87390	2349,9	439433
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	0,13351	2,87448	2353,1	440609

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	0,13333	2,87506	2356,2	441786
751	564001	423564751	27,4044	9,0896	0,13316	2,87564	2359,3	442965
752	565504	425259008	27,4226	9,0937	0,13298	2,87622	2362,5	444146
753	567009	426957777	27,4408	9,0977	0,13280	2,87679	2365,6	445328
754	568516	428661064	27,4591	9,1017	0,13263	2,87737	2368,8	446511
755	570025	430368875	27,4773	9,1057	0,13245	2,87795	2371,9	447697
756	571536	432081216	27,4955	9,1098	0,13228	2,87852	2375,0	448883
757	573049	433798093	27,5136	9,1138	0,13210	2,87910	2378,2	450072
758	574564	435519512	27,5318	9,1178	0,13193	2,87967	2381,3	451262
759	576081	437245479	27,5500	9,1218	0,13175	2,88024	2384,5	452453
760	577600	438976000	27,5681	9,1258	0,13158	2,88081	2387,6	453646
761	579121	440711081	27,5862	9,1298	0,13141	2,88138	2390,8	454841
762	580644	442450728	27,6043	9,1338	0,13123	2,88195	2393,9	456037
763	582169	444194947	27,6225	9,1378	0,13106	2,88252	2397,0	457234
764	583696	445943744	27,6405	9,1418	0,13089	2,88309	2400,2	458434
765	585225	447697125	27,6586	9,1458	0,13072	2,88366	2403,3	459635
766	586756	449455096	27,6767	9,1498	0,13055	2,88423	2406,5	460837
767	588289	451217663	27,6948	9,1537	0,13038	2,88480	2409,6	462041
768	589824	452984832	27,7128	9,1577	0,13021	2,88536	2412,7	463247
769	591361	454756609	27,7308	9,1617	0,13004	2,88593	2415,9	464454
770	592900	456533000	27,7489	9,1657	0,12987	2,88649	2419,0	465663
771	594441	458314011	27,7669	9,1696	0,12970	2,88705	2422,2	466873
772	595984	460099648	27,7849	9,1736	0,12953	2,88762	2425,3	468085
773	597529	461889917	27,8029	9,1775	0,12937	2,88818	2428,5	469298
774	599076	463684824	27,8209	9,1815	0,12920	2,88874	2431,6	470513
775	600625	465484375	27,8388	9,1855	0,12903	2,88930	2434,7	471730
776	602176	467288576	27,8568	9,1894	0,12887	2,88986	2437,9	472948
777	603729	469097433	27,8747	9,1933	0,12870	2,89042	2441,0	474168
778	605284	470910952	27,8927	9,1973	0,12854	2,89098	2444,2	475389
779	606841	472729139	27,9106	9,2012	0,12837	2,89154	2447,3	476612
780	608400	474552000	27,9285	9,2052	0,12821	2,89209	2450,4	477836
781	609961	476379541	27,9464	9,2091	0,12804	2,89265	2453,6	479062
782	611524	478211763	27,9643	9,2130	0,12788	2,89321	2456,7	480290
783	613089	480048687	27,9821	9,2170	0,12771	2,89376	2459,9	481519
784	614656	481890304	28,0000	9,2209	0,12755	2,89432	2463,0	482750
785	616225	483736625	28,0179	9,2248	0,12739	2,89487	2466,2	483982
786	617796	485587656	28,0357	9,2287	0,12723	2,89542	2469,3	485216
787	619369	487443403	28,0535	9,2326	0,12707	2,89597	2472,4	486451
788	620944	489303872	28,0713	9,2365	0,12690	2,89653	2475,6	487688
789	622521	491169069	28,0891	9,2404	0,12674	2,89708	2478,7	488927
790	624100	493039000	28,1069	9,2443	0,12658	2,89763	2481,9	490167
791	625681	494913671	28,1247	9,2482	0,12642	2,89818	2485,0	491409
792	627264	496793088	28,1425	9,2521	0,12626	2,89873	2488,1	492652
793	628849	498677257	28,1603	9,2560	0,12610	2,89927	2491,3	493897
794	630436	500566184	28,1780	9,2599	0,12595	2,89982	2494,4	495143
795	632025	502459875	28,1957	9,2638	0,12579	2,90037	2497,6	496391
796	633616	504358336	28,2135	9,2677	0,12563	2,90091	2500,7	497641
797	635209	506261573	28,2312	9,2716	0,12547	2,90146	2503,8	498892
798	636804	508169592	28,2489	9,2754	0,12531	2,90200	2507,0	500145
799	638401	510082399	28,2666	9,2793	0,12516	2,90255	2510,1	501399



$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	0,12500	2,90309	2513,3	502655
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	0,12484	2,90363	2516,4	503912
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	0,12469	2,90417	2519,6	505171
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	0,12453	2,90472	2522,7	506432
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	0,12438	2,90526	2525,8	507694
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	0,12422	2,90580	2529,0	508958
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	0,12407	2,90634	2532,1	510223
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	0,12392	2,90687	2535,3	511490
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	0,12376	2,90741	2538,4	512758
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	0,12361	2,90795	2541,5	514028
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	0,12346	2,90849	2544,7	515300
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	0,12331	2,90902	2547,8	516573
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	0,12315	2,90956	2551,0	517848
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	0,12300	2,91009	2554,1	519124
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	0,12285	2,91062	2557,3	520402
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	0,12270	2,91116	2560,4	521681
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	0,12255	2,91169	2563,5	522962
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	0,12240	2,91222	2566,7	524245
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	0,12225	2,91275	2569,8	525529
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	0,12210	2,91328	2573,0	526814
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	0,12195	2,91381	2576,1	528102
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	0,12180	2,91434	2579,2	529391
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	0,12166	2,91487	2582,4	530681
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	0,12151	2,91540	2585,5	531973
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	0,12136	2,91593	2588,7	533267
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	0,12121	2,91645	2591,8	534562
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	0,12107	2,91698	2595,0	535858
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	0,12092	2,91751	2598,1	537157
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	0,12077	2,91803	2601,2	538456
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	0,12063	2,91855	2604,4	539758
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	0,12048	2,91908	2607,5	541061
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	0,12034	2,91960	2610,7	542365
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	0,12019	2,92012	2613,8	543671
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	0,12005	2,92065	2616,9	544979
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	0,11990	2,92117	2620,1	546288
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	0,11976	2,92169	2623,2	547599
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	0,11962	2,92221	2626,4	548912
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	0,11947	2,92273	2629,5	550226
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	0,11933	2,92324	2632,7	551541
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	0,11919	2,92376	2635,8	552858
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	0,11905	2,92428	2638,9	554177
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	0,11891	2,92480	2642,1	555497
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	0,11877	2,92531	2645,2	556819
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	0,11862	2,92583	2648,4	558142
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	0,11848	2,92634	2651,5	559467
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	0,11834	2,92686	2654,6	560794
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	0,11820	2,92737	2657,8	562122
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	0,11806	2,92788	2660,9	563452
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	0,11793	2,92840	2664,1	564783
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	0,11779	2,92891	2667,2	566116

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	0,11765	2,92942	2670,4	567450
851	724201	616295051	29,1719	9,4764	0,11751	2,92993	2673,5	568786
852	725904	618470208	29,1890	9,4801	0,11737	2,93044	2676,6	570124
853	727609	620650477	29,2062	9,4838	0,11723	2,93095	2679,8	571463
854	729316	622835864	29,2233	9,4875	0,11710	2,93146	2682,9	572803
855	731025	625026375	29,2404	9,4912	0,11696	2,93197	2686,1	574146
856	732736	627222016	29,2575	9,4949	0,11682	2,93247	2689,2	575490
857	734449	629422793	29,2746	9,4986	0,11669	2,93298	2692,3	576835
858	736164	631628712	29,2916	9,5023	0,11655	2,93349	2695,5	578182
859	737881	633839779	29,3087	9,5060	0,11641	2,93399	2698,6	579530
860	739600	636056000	29,3258	9,5097	0,11628	2,93450	2701,8	580880
861	741321	638277381	29,3428	9,5134	0,11614	2,93500	2704,9	582232
862	743044	640503928	29,3598	9,5171	0,11601	2,93551	2708,1	583585
863	744769	642735647	29,3769	9,5207	0,11588	2,93601	2711,2	584940
864	746496	644972544	29,3939	9,5244	0,11574	2,93651	2714,3	586297
865	748225	647214625	29,4109	9,5281	0,11561	2,93702	2717,5	587655
866	749956	649461896	29,4279	9,5317	0,11547	2,93752	2720,6	589014
867	751689	651714363	29,4449	9,5354	0,11534	2,93802	2723,8	590375
868	753424	653972032	29,4618	9,5391	0,11521	2,93852	2726,9	591738
869	755161	656234909	29,4788	9,5427	0,11508	2,93902	2730,0	593102
870	756900	658503000	29,4958	9,5464	0,11494	2,93952	2733,2	594468
871	758641	660776311	29,5127	9,5501	0,11481	2,94002	2736,3	595835
872	760384	663054848	29,5296	9,5537	0,11468	2,94052	2739,5	597204
873	762129	665338617	29,5466	9,5574	0,11455	2,94101	2742,6	598575
874	763876	667627624	29,5635	9,5610	0,11442	2,94151	2745,8	599947
875	765625	669921875	29,5804	9,5647	0,11429	2,94201	2748,9	601320
876	767376	672222376	29,5973	9,5683	0,11416	2,94250	2752,0	602696
877	769129	674526133	29,6142	9,5719	0,11403	2,94300	2755,2	604073
878	770884	676836152	29,6311	9,5756	0,11390	2,94349	2758,3	605451
879	772641	679151439	29,6479	9,5792	0,11377	2,94399	2761,5	606831
880	774400	681472000	29,6648	9,5828	0,11364	2,94448	2764,6	608212
881	776161	683797841	29,6816	9,5865	0,11351	2,94498	2767,7	609595
882	777924	686128968	29,6985	9,5901	0,11338	2,94547	2770,9	610980
883	779689	688465387	29,7153	9,5937	0,11325	2,94596	2774,0	612366
884	781456	690807104	29,7321	9,5973	0,11312	2,94645	2777,2	613754
885	783225	693154125	29,7489	9,6010	0,11299	2,94694	2780,3	615143
886	784996	695506456	29,7658	9,6046	0,11287	2,94743	2783,5	616534
887	786769	697864103	29,7825	9,6082	0,11274	2,94792	2786,6	617927
888	788544	700227072	29,7993	9,6118	0,11261	2,94841	2789,7	619321
889	790321	702595369	29,8161	9,6154	0,11249	2,94890	2792,9	620717
890	792100	704969000	29,8329	9,6190	0,11236	2,94939	2796,0	622114
891	793881	707347971	29,8496	9,6226	0,11223	2,94988	2799,2	623513
892	795664	709732288	29,8664	9,6262	0,11211	2,95036	2802,3	624913
893	797449	712121957	29,8831	9,6298	0,11198	2,95085	2805,4	626315
894	799236	714516984	29,8998	9,6334	0,11186	2,95134	2808,6	627718
895	801025	716917375	29,9166	9,6370	0,11173	2,95182	2811,7	629124
896	802816	719323136	29,9333	9,6406	0,11161	2,95231	2814,9	630530
897	804609	721734273	29,9500	9,6442	0,11148	2,95279	2818,0	631938
898	806404	724150792	29,9666	9,6477	0,11136	2,95328	2821,2	633348
899	808201	726572699	29,9833	9,6513	0,11124	2,95376	2824,3	634760

$n=d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi \cdot d$	$\frac{\pi \cdot d^2}{4}$
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	0,11111	2,95424	2827,4	636173
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	0,11099	2,95472	2830,6	637587
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	0,11087	2,95521	2833,7	639003
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	0,11074	2,95569	2836,9	640421
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	0,11062	2,95617	2840,0	641840
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	0,11050	2,95665	2843,1	643261
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	0,11038	2,95713	2846,3	644683
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	0,11025	2,95761	2849,4	646107
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	0,11013	2,95809	2852,6	647533
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	0,11001	2,95856	2855,7	648960
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	0,10989	2,95904	2858,8	650388
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	0,10977	2,95952	2862,0	651818
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	0,10965	2,95999	2865,1	653250
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	0,10953	2,96047	2868,3	654684
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	0,10941	2,96095	2871,4	656118
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	0,10929	2,96142	2874,6	657555
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	0,10917	2,96190	2877,7	658993
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	0,10905	2,96237	2880,8	660433
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	0,10893	2,96284	2884,0	661874
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	0,10881	2,96332	2887,1	663317
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	0,10870	2,96379	2890,3	664761
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	0,10858	2,96426	2893,4	666207
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	0,10846	2,96473	2896,5	667654
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	0,10834	2,96520	2899,7	669103
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	0,10823	2,96567	2902,8	670554
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	0,10811	2,96614	2906,0	672006
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	0,10799	2,96661	2909,1	673460
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	0,10788	2,96708	2912,3	674915
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	0,10776	2,96755	2915,4	676372
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	0,10764	2,96802	2918,5	677831
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	0,10753	2,96848	2921,7	679291
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	0,10741	2,96895	2924,8	680752
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	0,10730	2,96942	2928,0	682216
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	0,10718	2,96988	2931,1	683680
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	0,10707	2,97035	2934,2	685147
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	0,10695	2,97081	2937,4	686615
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	0,10684	2,97128	2940,5	688084
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	0,10672	2,97174	2943,7	689555
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	0,10661	2,97220	2946,8	691028
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	0,10650	2,97267	2950,0	692502
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	0,10638	2,97313	2953,1	693978
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	0,10627	2,97359	2956,2	695455
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	0,10616	2,97405	2959,4	696934
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	0,10605	2,97451	2962,5	698415
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	0,10593	2,97497	2965,7	699897
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	0,10582	2,97543	2968,8	701380
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	0,10571	2,97589	2971,9	702865
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	0,10560	2,97635	2975,1	704352
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	0,10549	2,97681	2978,2	705840
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	0,10537	2,97727	2981,4	707330

$n-d$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n} \cdot 100$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	0,10526	2,97772	2984,5	708822
951	904401	860085351	30,8383	9,8339	0,10515	2,97818	2987,7	710315
952	906304	862801408	30,8545	9,8374	0,10504	2,97864	2990,8	711809
953	908209	865523177	30,8707	9,8408	0,10493	2,97909	2993,9	713306
954	910116	868250664	30,8869	9,8443	0,10482	2,97955	2997,1	714803
955	912025	870983875	30,9031	9,8477	0,10471	2,98000	3000,2	716303
956	913936	873722816	30,9192	9,8511	0,10460	2,98046	3003,4	717804
957	915849	876467493	30,9354	9,8546	0,10449	2,98091	3006,5	719306
958	917764	879217912	30,9516	9,8580	0,10438	2,98137	3009,6	720810
959	919681	881974079	30,9677	9,8614	0,10428	2,98182	3012,8	722316
960	921600	884736000	30,9839	9,8648	0,10417	2,98227	3015,9	723823
961	923521	887503681	31,0000	9,8683	0,10406	2,98272	3019,1	725332
962	925444	890277128	31,0161	9,8717	0,10395	2,98318	3022,2	726842
963	927369	893056347	31,0322	9,8751	0,10384	2,98363	3025,4	728354
964	929296	895841344	31,0483	9,8785	0,10373	2,98408	3028,5	729867
965	931225	898632125	31,0644	9,8819	0,10363	2,98453	3031,6	731382
966	933156	901428696	31,0805	9,8854	0,10352	2,98498	3034,8	732899
967	935089	904231063	31,0966	9,8888	0,10341	2,98543	3037,9	734417
968	937024	907039232	31,1127	9,8922	0,10331	2,98588	3041,1	735937
969	938961	909853209	31,1288	9,8956	0,10320	2,98632	3044,2	737458
970	940900	912673000	31,1448	9,8990	0,10309	2,98677	3047,3	738981
971	942841	915498611	31,1609	9,9024	0,10299	2,98722	3050,5	740506
972	944784	918330048	31,1769	9,9058	0,10288	2,98767	3053,6	742032
973	946729	921167317	31,1929	9,9092	0,10278	2,98811	3056,8	743559
974	948676	924010424	31,2090	9,9126	0,10267	2,98856	3059,9	745088
975	950625	926859375	31,2250	9,9160	0,10256	2,98900	3063,1	746619
976	952576	929714176	31,2410	9,9194	0,10246	2,98945	3066,2	748151
977	954529	932574833	31,2570	9,9227	0,10235	2,98989	3069,3	749685
978	956484	935441352	31,2730	9,9261	0,10225	2,99034	3072,5	751221
979	958441	938313739	31,2890	9,9295	0,10215	2,99078	3075,6	752758
980	960400	941192000	31,3050	9,9329	0,10204	2,99123	3078,8	754296
981	962361	944076141	31,3209	9,9363	0,10194	2,99167	3081,9	755837
982	964324	946966168	31,3369	9,9396	0,10183	2,99211	3085,0	757378
983	966289	949862087	31,3528	9,9430	0,10173	2,99255	3088,2	758922
984	968256	952763904	31,3688	9,9464	0,10163	2,99300	3091,3	760466
985	970225	955671625	31,3847	9,9497	0,10152	2,99344	3094,5	762013
986	972196	958585256	31,4006	9,9531	0,10142	2,99388	3097,6	763561
987	974169	961504803	31,4166	9,9565	0,10132	2,99432	3100,8	765111
988	976144	964430272	31,4325	9,9598	0,10122	2,99476	3103,9	766662
989	978121	967361669	31,4484	9,9632	0,10111	2,99520	3107,0	768214
990	980100	970299000	31,4643	9,9666	0,10101	2,99564	3110,2	769769
991	982081	973242271	31,4802	9,9699	0,10091	2,99607	3113,3	771325
992	984064	976191488	31,4960	9,9733	0,10081	2,99651	3116,5	772882
993	986049	979146657	31,5119	9,9766	0,10071	2,99695	3119,6	774441
994	988036	982107784	31,5278	9,9800	0,10060	2,99739	3122,7	776002
995	990025	985074875	31,5436	9,9833	0,10050	2,99782	3125,9	777564
996	992016	988047936	31,5595	9,9866	0,10040	2,99826	3129,0	779128
997	994009	991026973	31,5753	9,9900	0,10030	2,99870	3132,2	780693
998	996004	994011992	31,5911	9,9933	0,10020	2,99913	3135,3	782260
999	998001	997002999	31,6070	9,9967	0,10010	2,99957	3138,5	783828

$n-d$	$n^*$	$n^2$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\lg n$	$\pi d$	$\frac{\pi d^2}{4}$
1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000	1,00000	3,00000	3141,6	785398
1001	1002001	1003003001	31,6386	10,0033	0,99900	3,00043	3144,7	786970
1002	1004004	1006012008	31,6544	10,0067	0,99800	3,00087	3147,9	788543
1003	1006009	1009027027	31,6702	10,0100	0,99701	3,00130	3151,0	790118
1004	1008016	1012048064	31,6860	10,0133	0,99602	3,00173	3154,2	791694
1005	1010025	1015075125	31,7017	10,0166	0,99502	3,00217	3157,3	793272
1006	1012036	1018108216	31,7175	10,0200	0,99404	3,00260	3160,4	794851
1007	1014049	1021147343	31,7333	10,0233	0,99305	3,00303	3163,6	796432
1008	1016064	1024192512	31,7490	10,0266	0,99206	3,00346	3166,7	798015
1009	1018081	1027243729	31,7648	10,0299	0,99108	3,00389	3169,9	799599
1010	1020100	1030301000	31,7805	10,0332	0,99010	3,00432	3173,0	801184
1011	1022121	1033364331	31,7962	10,0365	0,98912	3,00475	3176,2	802772
1012	1024144	1036433728	31,8119	10,0398	0,98814	3,00518	3179,3	804361
1013	1026169	1039509197	31,8277	10,0431	0,98717	3,00561	3182,4	805951
1014	1028196	1042590744	31,8434	10,0465	0,98619	3,00604	3185,6	807543
1015	1030225	1045678375	31,8591	10,0498	0,98522	3,00647	3188,7	809137
1016	1032256	1048772096	31,8748	10,0531	0,98425	3,00689	3191,9	810732
1017	1034289	1051871913	31,8904	10,0563	0,98328	3,00732	3195,0	812329
1018	1036324	1054977832	31,9061	10,0596	0,98232	3,00775	3198,1	813927
1019	1038361	1058089859	31,9218	10,0629	0,98135	3,00817	3201,3	815527
1020	1040400	1061208000	31,9374	10,0662	0,98039	3,00860	3204,4	817128
1021	1042441	1064332261	31,9531	10,0695	0,97943	3,00903	3207,6	818731
1022	1044484	1067462648	31,9687	10,0728	0,97847	3,00945	3210,7	820336
1023	1046529	1070599167	31,9844	10,0761	0,97752	3,00988	3213,9	821942
1024	1048576	1073741824	32,0000	10,0794	0,97656	3,01030	3217,0	823549
1025	1050625	1076890625	32,0156	10,0826	0,97561	3,01072	3220,1	825159
1026	1052676	1080045576	32,0312	10,0859	0,97466	3,01115	3223,3	826770
1027	1054729	1083206683	32,0468	10,0892	0,97371	3,01157	3226,4	828382
1028	1056784	1086373952	32,0624	10,0925	0,97276	3,01199	3229,6	829996
1029	1058841	1089547389	32,0780	10,0957	0,97182	3,01242	3232,7	831612
1030	1060900	1092727000	32,0936	10,0990	0,97087	3,01284	3235,8	833229
1031	1062961	1095912791	32,1092	10,1023	0,96993	3,01326	3239,0	834847
1032	1065024	1099104768	32,1248	10,1055	0,96899	3,01368	3242,1	836468
1033	1067089	1102302937	32,1403	10,1088	0,96805	3,01410	3245,3	838090
1034	1069156	1105507304	32,1559	10,1121	0,96712	3,01452	3248,4	839713
1035	1071225	1108717875	32,1714	10,1153	0,96618	3,01494	3251,5	841338
1036	1073296	1111934656	32,1870	10,1186	0,96525	3,01536	3254,7	842965
1037	1075369	1115157653	32,2025	10,1218	0,96432	3,01578	3257,8	844593
1038	1077444	1118386872	32,2180	10,1251	0,96339	3,01620	3261,0	846222
1039	1079521	1121622319	32,2335	10,1283	0,96246	3,01662	3264,1	847854
1040	1081600	1124864000	32,2490	10,1316	0,96154	3,01703	3267,3	849487
1041	1083681	1128111921	32,2645	10,1348	0,96061	3,01745	3270,4	851121
1042	1085764	1131366088	32,2800	10,1381	0,95969	3,01787	3273,5	852757
1043	1087849	1134626507	32,2955	10,1413	0,95877	3,01828	3276,7	854394
1044	1089936	1137893184	32,3110	10,1446	0,95785	3,01870	3279,8	856034
1045	1092025	1141166125	32,3265	10,1478	0,95694	3,01912	3283,0	857674
1046	1094116	1144445336	32,3419	10,1510	0,95602	3,01953	3286,1	859317
1047	1096209	1147730823	32,3574	10,1543	0,95511	3,01995	3289,2	860960
1048	1098304	1151022592	32,3728	10,1575	0,95420	3,02036	3292,4	862606
1049	1100401	1154320649	32,3883	10,1607	0,95329	3,02078	3295,5	864253

## 2. Często spotykane wartości liczbowe

### a) Niektóre ułamki i ich pierwiastki

Ułamek	$n$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	Ułamek	$n$	$\sqrt{n}$	Ułamek	$n$	$\sqrt{n}$
1/2	0,5	0,70710	0,79370	5/6	0,83333	0,91287	1/8	0,125	0,35355
1/3	0,33(3)	0,57735	0,69336	1/7	0,14286	0,37796	3/8	0,375	0,61237
2/3	0,66(6)	0,81650	0,87358	2/7	0,28571	0,53452	5/8	0,625	0,79057
1/4	0,25	0,50000	0,62996	3/7	0,42857	0,65465	7/8	0,875	0,93541
3/4	0,75	0,86603	0,90856	4/7	0,57143	0,75593	1/9	0,11(1)	0,33333
1/5	0,2	0,44721	0,58480	5/7	0,71429	0,84515	2/9	0,22(2)	0,47140
1/6	0,166(6)	0,40825	0,55032	6/7	0,85714	0,92582	5/9	0,55(5)	0,74536

### b) $\pi = 3,14159\ 26536$ (ludolfina)

Wartość	$n$	$\lg n$	Wartość	$n$	$\lg n$	Wartość	$n$	$\lg n$
$\pi$	3,14159	0,49715	$1 : \pi^4$	0,01027	0,11401-2	$\sqrt[3]{\pi}$	1,46459	0,16572
$2\pi$	6,28319	0,79818	$4\pi^2$	39,4784	1,59636	$\sqrt[3]{2\pi}$	1,84526	0,26606
$3\pi$	9,42478	0,97427	$\pi^2 : 4$	2,46740	0,39224	$\sqrt[3]{\pi^2}$	1,460115	0,66287
$\pi : 2$	1,57080	0,19612	$\sqrt{\pi}$	1,77245	0,24857	$\pi\sqrt{\pi}$	4,60115	0,66287
$\pi : 3$	1,04720	0,02003	$\sqrt{2\pi}$	2,50663	0,39909	$\sqrt[3]{\pi}$	1,16245	0,06537
$\pi : 4$	0,78540	0,89509-1	$2\sqrt{\pi}$	3,54491	0,54960	$\sqrt{\pi : 2}$	0,92264	0,96503-1
$\pi : 6$	0,52360	0,71899-1	$\pi\sqrt{2}$	4,44288	0,64767	$\sqrt{\pi : 4}$	0,68278	0,83428-1
$\pi^2$	9,86960	0,99430	$\pi\sqrt{\pi}$	5,56833	0,74572	$\sqrt[3]{1 : \pi}$	0,86025	0,93463-1
$\pi^3$	31,0063	1,49145	$\pi : \sqrt{2}$	2,22144	0,34663	$\sqrt[3]{2 : \pi}$	0,98475	0,99332-1
$\pi^4$	97,4091	1,98860	$\sqrt{\pi : 2}$	1,25331	0,09806	$\sqrt[3]{3 : \pi}$	2,14503	0,33143
$1 : \pi$	0,31831	0,50285-1	$\sqrt{1 : \pi}$	0,56419	0,75143-1			
$1 : \pi^2$	0,10132	0,00570-1	$\sqrt{2 : \pi}$	0,79789	0,90194-1			
$1 : \pi^3$	0,03225	0,50856-2	$\sqrt{3 : \pi}$	0,97721	0,98998-1			

### c) $g = 981\ \text{cm}/\text{sek}^2 = 9,81\ \text{m}/\text{sek}^2$ (przyspieszenie siły ciężkości)

$g$	9,81	0,99167	$\sqrt{g}$	3,13209	0,49583	$\pi\sqrt{2g}$	13,9154	1,14350
$g^2$	96,2361	1,98334	$\sqrt{2g}$	4,42945	0,64635	$1 : \sqrt{g}$	0,31928	0,50417-1
$1 : g$	0,10194	0,00833-1	$2\sqrt{g}$	6,26418	0,79686	$\pi : \sqrt{g}$	1,00303	0,00132
$1 : 2g$	0,05097	0,70730-2	$\pi\sqrt{g}$	9,83976	0,99298	$\pi : \sqrt{2g}$	0,70925	0,85080-1

### d) $e = 2,718\ 281\ 828$ (zasada logarytmów naturalnych)

$e$	2,71828	0,43429	$1 : e$	0,36788	0,56571-1	$\sqrt[3]{e}$	1,39561	0,14476
$e^2$	7,38906	0,86859	$\sqrt{e}$	1,64872	0,21715			

1.  $\ln x = \lg_e x = \ln 10 \cdot \lg x = 2,302\ 585 \cdot \lg x$  }  
 2.  $\lg x = \lg_{10} x = \lg e \cdot \ln x = 0,434\ 294 \cdot \ln x$  }      3.  $\ln 10 \cdot \lg e = 1$

### 3. Funkcje kątowe

Stopnie	Sinus							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0436	0,0465	0,0494	0,0523	87
3	0,0523	0,0552	0,0581	0,0610	0,0640	0,0669	0,0698	86
4	0,0698	0,0727	0,0756	0,0785	0,0814	0,0843	0,0872	85
5	0,0872	0,0901	0,0929	0,0958	0,0987	0,1016	0,1045	84
6	0,1045	0,1074	0,1103	0,1132	0,1161	0,1190	0,1219	83
7	0,1219	0,1248	0,1276	0,1305	0,1334	0,1363	0,1392	82
8	0,1392	0,1421	0,1449	0,1478	0,1507	0,1536	0,1564	81
9	0,1564	0,1593	0,1622	0,1650	0,1679	0,1708	0,1736	80
10	0,1736	0,1765	0,1794	0,1822	0,1851	0,1880	0,1908	79
11	0,1908	0,1937	0,1965	0,1994	0,2022	0,2051	0,2079	78
12	0,2079	0,2108	0,2136	0,2164	0,2193	0,2221	0,2250	77
13	0,2250	0,2278	0,2306	0,2334	0,2363	0,2391	0,2419	76
14	0,2419	0,2447	0,2476	0,2504	0,2532	0,2560	0,2588	75
15	0,2588	0,2616	0,2644	0,2672	0,2700	0,2728	0,2756	74
16	0,2756	0,2784	0,2812	0,2840	0,2868	0,2896	0,2924	73
17	0,2924	0,2952	0,2979	0,3007	0,3035	0,3062	0,3090	72
18	0,3090	0,3118	0,3145	0,3173	0,3201	0,3228	0,3256	71
19	0,3256	0,3283	0,3311	0,3338	0,3365	0,3393	0,3420	70
20	0,3420	0,3448	0,3475	0,3502	0,3529	0,3557	0,3584	69
21	0,3584	0,3611	0,3638	0,3665	0,3692	0,3719	0,3746	68
22	0,3746	0,3773	0,3800	0,3827	0,3854	0,3881	0,3907	67
23	0,3907	0,3934	0,3961	0,3987	0,4014	0,4041	0,4067	66
24	0,4067	0,4094	0,4120	0,4147	0,4173	0,4200	0,4226	65
25	0,4226	0,4253	0,4279	0,4305	0,4331	0,4358	0,4384	64
26	0,4384	0,4410	0,4436	0,4462	0,4488	0,4514	0,4540	63
27	0,4540	0,4566	0,4592	0,4617	0,4643	0,4669	0,4695	62
28	0,4695	0,4720	0,4746	0,4772	0,4797	0,4823	0,4848	61
29	0,4848	0,4874	0,4899	0,4924	0,4950	0,4975	0,5000	60
30	0,5000	0,5025	0,5050	0,5075	0,5100	0,5125	0,5150	59
31	0,5150	0,5175	0,5200	0,5225	0,5250	0,5275	0,5299	58
32	0,5299	0,5324	0,5348	0,5373	0,5398	0,5422	0,5446	57
33	0,5446	0,5471	0,5495	0,5519	0,5544	0,5568	0,5592	56
34	0,5592	0,5616	0,5640	0,5664	0,5688	0,5712	0,5736	55
35	0,5736	0,5760	0,5783	0,5807	0,5831	0,5854	0,5878	54
36	0,5878	0,5901	0,5925	0,5948	0,5972	0,5995	0,6018	53
37	0,6018	0,6041	0,6065	0,6088	0,6111	0,6134	0,6157	52
38	0,6157	0,6180	0,6202	0,6225	0,6248	0,6271	0,6293	51
39	0,6293	0,6316	0,6338	0,6361	0,6383	0,6406	0,6428	50
40	0,6428	0,6450	0,6472	0,6494	0,6517	0,6539	0,6561	49
41	0,6561	0,6583	0,6604	0,6626	0,6648	0,6670	0,6691	48
42	0,6691	0,6713	0,6734	0,6756	0,6777	0,6799	0,6820	47
43	0,6820	0,6841	0,6862	0,6884	0,6905	0,6926	0,6947	46
44	0,6947	0,6967	0,6988	0,7009	0,7030	0,7050	0,7071	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
Cosinus								

## Funkcje kątowe

Stopnie	Sinus							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	0,7071	0,7092	0,7112	0,7133	0,7153	0,7173	0,7193	44
46	0,7193	0,7214	0,7234	0,7254	0,7274	0,7294	0,7314	43
47	0,7314	0,7333	0,7353	0,7373	0,7392	0,7412	0,7431	42
48	0,7431	0,7451	0,7470	0,7490	0,7509	0,7528	0,7547	41
49	0,7547	0,7566	0,7585	0,7604	0,7623	0,7642	0,7660	40
50	0,7660	0,7679	0,7698	0,7716	0,7735	0,7753	0,7771	39
51	0,7771	0,7790	0,7808	0,7826	0,7844	0,7862	0,7880	38
52	0,7880	0,7898	0,7916	0,7934	0,7951	0,7969	0,7986	37
53	0,7986	0,8004	0,8021	0,8039	0,8056	0,8073	0,8090	36
54	0,8090	0,8107	0,8124	0,8141	0,8158	0,8175	0,8192	35
55	0,8192	0,8208	0,8225	0,8241	0,8258	0,8274	0,8290	34
56	0,8290	0,8307	0,8323	0,8339	0,8355	0,8371	0,8387	33
57	0,8387	0,8403	0,8418	0,8434	0,8450	0,8465	0,8480	32
58	0,8480	0,8496	0,8511	0,8526	0,8542	0,8557	0,8572	31
59	0,8572	0,8587	0,8601	0,8616	0,8631	0,8646	0,8660	30
60	0,8660	0,8675	0,8689	0,8704	0,8718	0,8732	0,8746	29
61	0,8746	0,8760	0,8774	0,8788	0,8802	0,8816	0,8829	28
62	0,8829	0,8843	0,8857	0,8870	0,8884	0,8897	0,8910	27
63	0,8910	0,8923	0,8936	0,8949	0,8962	0,8975	0,8988	26
64	0,8988	0,9001	0,9013	0,9026	0,9038	0,9051	0,9063	25
65	0,9063	0,9075	0,9088	0,9100	0,9112	0,9124	0,9135	24
66	0,9135	0,9147	0,9159	0,9171	0,9182	0,9194	0,9205	23
67	0,9205	0,9216	0,9228	0,9239	0,9250	0,9261	0,9272	22
68	0,9272	0,9283	0,9293	0,9304	0,9315	0,9325	0,9336	21
69	0,9336	0,9346	0,9356	0,9367	0,9377	0,9387	0,9397	20
70	0,9397	0,9407	0,9417	0,9426	0,9436	0,9446	0,9455	19
71	0,9455	0,9465	0,9474	0,9483	0,9492	0,9502	0,9511	18
72	0,9511	0,9520	0,9528	0,9537	0,9546	0,9555	0,9563	17
73	0,9563	0,9572	0,9580	0,9588	0,9596	0,9605	0,9613	16
74	0,9613	0,9621	0,9628	0,9636	0,9644	0,9652	0,9659	15
75	0,9659	0,9667	0,9674	0,9681	0,9689	0,9696	0,9703	14
76	0,9703	0,9710	0,9717	0,9724	0,9730	0,9737	0,9744	13
77	0,9744	0,9750	0,9757	0,9763	0,9769	0,9775	0,9781	12
78	0,9781	0,9787	0,9793	0,9799	0,9805	0,9811	0,9816	11
79	0,9816	0,9822	0,9827	0,9833	0,9838	0,9843	0,9848	10
80	0,9848	0,9853	0,9858	0,9862	0,9867	0,9872	0,9876	9
81	0,9876	0,9881	0,9885	0,9890	0,9894	0,9898	0,9902	8
82	0,9902	0,9906	0,9910	0,9914	0,9918	0,9921	0,9925	7
83	0,9925	0,9929	0,9932	0,9935	0,9939	0,9942	0,9945	6
84	0,9945	0,9948	0,9951	0,9954	0,9956	0,9959	0,9961	5
85	0,9961	0,9964	0,9966	0,9969	0,9971	0,9973	0,9975	4
86	0,9975	0,9977	0,9979	0,9981	0,9983	0,9984	0,9986	3
87	0,9986	0,9987	0,9989	0,9990	0,9991	0,9992	0,9993	2
88	0,9993	0,9994	0,9995	0,9996	0,9997	0,9997	0,9998	1
89	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	0

Stopnie	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'
	Cosinus						



# Funkcje kątowe

Stopnie	Tangens							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0,0029	0,0058	0,0087	0,0116	0,0145	0,0175	89
1	0,0175	0,0204	0,0233	0,0262	0,0291	0,0320	0,0349	88
2	0,0349	0,0378	0,0407	0,0437	0,0466	0,0495	0,0524	87
3	0,0524	0,0553	0,0582	0,0612	0,0641	0,0670	0,0699	86
4	0,0699	0,0729	0,0758	0,0787	0,0816	0,0846	0,0875	85
5	0,0875	0,0904	0,0934	0,0963	0,0992	0,1022	0,1051	84
6	0,1051	0,1080	0,1110	0,1139	0,1169	0,1198	0,1228	83
7	0,1228	0,1257	0,1287	0,1317	0,1346	0,1376	0,1405	82
8	0,1405	0,1435	0,1465	0,1495	0,1524	0,1554	0,1584	81
9	0,1584	0,1614	0,1644	0,1673	0,1703	0,1733	0,1763	80
10	0,1763	0,1793	0,1823	0,1853	0,1883	0,1914	0,1944	79
11	0,1944	0,1974	0,2004	0,2035	0,2065	0,2095	0,2126	78
12	0,2126	0,2156	0,2186	0,2217	0,2247	0,2278	0,2309	77
13	0,2309	0,2339	0,2370	0,2401	0,2432	0,2462	0,2493	76
14	0,2493	0,2524	0,2555	0,2586	0,2617	0,2648	0,2679	75
15	0,2679	0,2711	0,2742	0,2773	0,2805	0,2836	0,2867	74
16	0,2867	0,2899	0,2931	0,2962	0,2994	0,3026	0,3057	73
17	0,3057	0,3089	0,3121	0,3153	0,3185	0,3217	0,3249	72
18	0,3249	0,3281	0,3314	0,3346	0,3378	0,3411	0,3443	71
19	0,3443	0,3476	0,3508	0,3541	0,3574	0,3607	0,3640	70
20	0,3640	0,3673	0,3706	0,3739	0,3772	0,3805	0,3839	69
21	0,3839	0,3872	0,3906	0,3939	0,3973	0,4006	0,4040	68
22	0,4040	0,4074	0,4108	0,4142	0,4176	0,4210	0,4245	67
23	0,4245	0,4279	0,4314	0,4348	0,4383	0,4417	0,4452	66
24	0,4452	0,4487	0,4522	0,4557	0,4592	0,4628	0,4663	65
25	0,4663	0,4699	0,4734	0,4770	0,4806	0,4841	0,4877	64
26	0,4877	0,4913	0,4950	0,4986	0,5022	0,5059	0,5095	63
27	0,5095	0,5132	0,5169	0,5206	0,5243	0,5280	0,5317	62
28	0,5317	0,5354	0,5392	0,5430	0,5467	0,5505	0,5543	61
29	0,5543	0,5581	0,5619	0,5658	0,5696	0,5735	0,5774	60
30	0,5774	0,5812	0,5851	0,5890	0,5930	0,5969	0,6009	59
31	0,6009	0,6048	0,6088	0,6128	0,6168	0,6208	0,6249	58
32	0,6249	0,6289	0,6330	0,6371	0,6412	0,6453	0,6494	57
33	0,6494	0,6536	0,6577	0,6619	0,6661	0,6703	0,6745	56
34	0,6745	0,6787	0,6830	0,6873	0,6916	0,6959	0,7002	55
35	0,7002	0,7046	0,7089	0,7133	0,7177	0,7221	0,7265	54
36	0,7265	0,7310	0,7355	0,7400	0,7445	0,7490	0,7536	53
37	0,7536	0,7581	0,7627	0,7673	0,7720	0,7766	0,7813	52
38	0,7813	0,7860	0,7907	0,7954	0,8002	0,8050	0,8098	51
39	0,8098	0,8146	0,8195	0,8243	0,8292	0,8342	0,8391	50
40	0,8391	0,8441	0,8491	0,8541	0,8591	0,8642	0,8693	49
41	0,8693	0,8744	0,8796	0,8847	0,8899	0,8952	0,9004	48
42	0,9004	0,9057	0,9110	0,9163	0,9217	0,9271	0,9325	47
43	0,9325	0,9380	0,9435	0,9490	0,9545	0,9601	0,9657	46
44	0,9657	0,9713	0,9770	0,9827	0,9884	0,9942	1,0000	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
Cotangens								

## Funkcje kątowe

Stopnie	Tangens							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
45	1,0000	1,0058	1,0117	1,0176	1,0236	1,0295	1,0355	44
46	1,0355	1,0416	1,0477	1,0538	1,0599	1,0661	1,0724	43
47	1,0724	1,0786	1,0850	1,0913	1,0977	1,1041	1,1106	42
48	1,1106	1,1171	1,1237	1,1303	1,1369	1,1436	1,1504	41
49	1,1504	1,1571	1,1640	1,1708	1,1778	1,1847	1,1918	40
50	1,1918	1,1988	1,2059	1,2131	1,2203	1,2276	1,2349	39
51	1,2349	1,2423	1,2497	1,2572	1,2647	1,2723	1,2799	38
52	1,2799	1,2876	1,2954	1,3032	1,3111	1,3190	1,3270	37
53	1,3270	1,3351	1,3432	1,3514	1,3597	1,3680	1,3764	36
54	1,3764	1,3848	1,3934	1,4020	1,4106	1,4193	1,4281	35
55	1,4281	1,4370	1,4460	1,4550	1,4641	1,4733	1,4826	34
56	1,4826	1,4919	1,5013	1,5108	1,5204	1,5301	1,5399	33
57	1,5399	1,5497	1,5597	1,5697	1,5798	1,5900	1,6003	32
58	1,6003	1,6107	1,6213	1,6319	1,6426	1,6534	1,6643	31
59	1,6643	1,6753	1,6864	1,6977	1,7090	1,7205	1,7321	30
60	1,7321	1,7438	1,7556	1,7675	1,7796	1,7917	1,8041	29
61	1,8041	1,8165	1,8291	1,8418	1,8546	1,8676	1,8807	28
62	1,8807	1,8940	1,9074	1,9210	1,9347	1,9486	1,9626	27
63	1,9626	1,9768	1,9912	2,0057	2,0204	2,0353	2,0503	26
64	2,0503	2,0655	2,0809	2,0965	2,1123	2,1283	2,1445	25
65	2,1445	2,1609	2,1775	2,1943	2,2113	2,2286	2,2460	24
66	2,2460	2,2637	2,2817	2,2998	2,3183	2,3369	2,3558	23
67	2,3559	2,3750	2,3945	2,4142	2,4342	2,4545	2,4751	22
68	2,4751	2,4960	2,5172	2,5387	2,5605	2,5826	2,6051	21
69	2,6051	2,6279	2,6511	2,6746	2,6985	2,7228	2,7475	20
70	2,7475	2,7725	2,7980	2,8239	2,8502	2,8770	2,9042	19
71	2,9042	2,9319	2,9600	2,9887	3,0178	3,0475	3,0777	18
72	3,0777	3,1084	3,1397	3,1716	3,2041	3,2371	3,2709	17
73	3,2709	3,3052	3,3402	3,3759	3,4124	3,4495	3,4874	16
74	3,4874	3,5261	3,5656	3,6059	3,6470	3,6891	3,7321	15
75	3,7321	3,7760	3,8208	3,8667	3,9136	3,9617	4,0108	14
76	4,0108	4,0611	4,1126	4,1653	4,2193	4,2747	4,3315	13
77	4,3315	4,3897	4,4494	4,5107	4,5736	4,6383	4,7046	12
78	4,7046	4,7729	4,8430	4,9152	4,9894	5,0658	5,1446	11
79	5,1446	5,2257	5,3093	5,3955	5,4845	5,5764	5,6713	10
80	5,6713	5,7694	5,8708	5,9758	6,0844	6,1970	6,3138	9
81	6,3138	6,4348	6,5605	6,6912	6,8269	6,9682	7,1154	8
82	7,1154	7,2687	7,4287	7,5958	7,7704	7,9530	8,1444	7
83	8,1444	8,3450	8,5556	8,7769	9,0098	9,2553	9,5144	6
84	9,5144	9,7882	10,0780	10,3854	10,7119	11,0594	11,4301	5
85	11,4301	11,8262	12,2505	12,7062	13,1969	13,7267	14,3007	4
86	14,3007	14,9244	15,6048	16,3499	17,1693	18,0750	19,0811	3
87	19,0811	20,2056	21,4704	22,9038	24,5418	26,4316	28,6363	2
88	28,6363	31,2416	34,3678	38,1885	42,9641	49,1039	57,2900	1
89	57,2900	68,7501	85,9398	114,589	171,885	343,774	∞	0
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Stopnie
	Cotangens							

#### 4. Długość łuku, strzałki i cięciwy oraz powierzchnia

Kąt $\alpha^{\circ}$	Długość łuku $l$	Strzałka łuku $h$	Długość cięciwy $c$	Powierzchn. odcinka kołowego	Kąt $\alpha^{\circ}$	Długość łuku $l$	Strzałka łuku $h$	Długość cięciwy $c$	Powierzchn. odcinka kołowego
1	0,0175	0,0000	0,0175	0,00000	46	0,8029	0,0795	0,7815	0,04176
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	47	0,8203	0,0829	0,7975	0,04448
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	48	0,8378	0,0865	0,8135	0,04731
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	49	0,8552	0,0900	0,8294	0,05025
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	50	0,8727	0,0937	0,8452	0,05331
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	51	0,8901	0,0974	0,8610	0,05649
7	0,1222	0,0019	0,1221	0,00015	52	0,9076	0,1012	0,8767	0,05978
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	53	0,9250	0,1051	0,8924	0,06319
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	54	0,9425	0,1090	0,9080	0,06673
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	55	0,9599	0,1130	0,9235	0,07039
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	56	0,9774	0,1171	0,9389	0,07417
12	0,2094	0,0055	0,2091	0,00076	57	0,9948	0,1212	0,9543	0,07808
13	0,2269	0,0064	0,2264	0,00097	58	1,0123	0,1254	0,9696	0,08212
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	59	1,0297	0,1296	0,9848	0,08629
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	60	1,0472	0,1340	1,0000	0,09059
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	61	1,0647	0,1384	1,0151	0,09502
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	62	1,0821	0,1428	1,0301	0,09958
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	63	1,0996	0,1474	1,0450	0,10428
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	64	1,1170	0,1520	1,0598	0,10911
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	65	1,1345	0,1566	1,0746	0,11408
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	66	1,1519	0,1613	1,0893	0,11919
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	67	1,1694	0,1661	1,1039	0,12443
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00535	68	1,1868	0,1710	1,1184	0,12982
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	69	1,2043	0,1759	1,1328	0,13535
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	70	1,2217	0,1808	1,1472	0,14102
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	71	1,2392	0,1859	1,1614	0,14683
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00862	72	1,2566	0,1910	1,1756	0,15279
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	73	1,2741	0,1961	1,1896	0,15889
29	0,5061	0,0319	0,5008	0,01067	74	1,2915	0,2014	1,2036	0,16514
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	75	1,3090	0,2066	1,2175	0,17154
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	76	1,3265	0,2120	1,2313	0,17808
32	0,5585	0,0387	0,5512	0,01429	77	1,3439	0,2174	1,2450	0,18477
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	78	1,3614	0,2229	1,2586	0,19160
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	79	1,3788	0,2284	1,2722	0,19859
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	80	1,3963	0,2340	1,2856	0,20573
36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027	81	1,4137	0,2396	1,2989	0,21301
37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198	82	1,4312	0,2453	1,3121	0,22045
38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378	83	1,4486	0,2510	1,3252	0,22804
39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568	84	1,4661	0,2569	1,3383	0,23578
40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767	85	1,4835	0,2627	1,3512	0,24367
41	0,7156	0,0633	0,7004	0,02976	86	1,5010	0,2686	1,3640	0,25171
42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195	87	1,5184	0,2746	1,3767	0,25990
43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03425	88	1,5359	0,2807	1,3893	0,26825
44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664	89	1,5533	0,2867	1,4018	0,27675
45	0,7854	0,0761	0,7654	0,03915	90	1,5708	0,2929	1,4142	0,28540

Jeśli  $r$  jest promieniem koła, zaś  $\varphi$  kątem środkowym w stopniach, to:

1. długość cięciwy  $c = 2r \sin \frac{\varphi}{2}$ ;

2. strzałka łuku  $h = r \left( 1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{c}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4} = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{4}$ ;

3. długość łuku  $l = \pi r \cdot \frac{\varphi}{180} = 0,017453 r \varphi \approx \sqrt{c^2 + \frac{16}{3} h^2}$

# odcinka kołowego dla promienia $r = 1$

Kąt $\alpha^{\circ}$	Długość łuku $l$	Strzałka łuku $h$	Długość cięciwy $c$	Powierzchnia odcinka kołowego	Kąt $\alpha^{\circ}$	Długość łuku $l$	Strzałka łuku $h$	Długość cięciwy $c$	Powierzchnia odcinka kołowego
91	1,5882	0,2991	1,4265	0,29420	136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949
92	1,6057	0,3053	1,4387	0,30316	137	2,3911	0,6335	1,8608	0,85455
93	1,6232	0,3116	1,4507	0,31226	138	2,4086	0,6416	1,8672	0,86971
94	1,6406	0,3180	1,4627	0,32152	139	2,4260	0,6498	1,8733	0,88497
95	1,6580	0,3244	1,4746	0,33093	140	2,4435	0,6580	1,8794	0,90034
96	1,6755	0,3309	1,4863	0,34050	141	2,4609	0,6662	1,8853	0,91580
97	1,6930	0,3374	1,4979	0,35021	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,93135
98	1,7104	0,3439	1,5094	0,36008	143	2,4958	0,6827	1,8966	0,94700
99	1,7279	0,3506	1,5208	0,37009	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,96274
100	1,7453	0,3572	1,5321	0,38026	145	2,5307	0,6993	1,9074	0,97858
101	1,7628	0,3639	1,5432	0,39058	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,99449
102	1,7802	0,3707	1,5543	0,40104	147	2,5656	0,7160	1,9176	1,01050
103	1,7977	0,3775	1,5652	0,41166	148	2,5831	0,7244	1,9225	1,02658
104	1,8151	0,3843	1,5760	0,42242	149	2,6005	0,7328	1,9273	1,04275
105	1,8326	0,3912	1,5867	0,43333	150	2,6180	0,7412	1,9319	1,05900
106	1,8500	0,3982	1,5973	0,44439	151	2,6354	0,7496	1,9363	1,07532
107	1,8675	0,4052	1,6077	0,45560	152	2,6529	0,7581	1,9406	1,09171
108	1,8850	0,4122	1,6180	0,46695	153	2,6704	0,7666	1,9447	1,10818
109	1,9024	0,4193	1,6282	0,47844	154	2,6878	0,7750	1,9487	1,12472
110	1,9199	0,4264	1,6383	0,49008	155	2,7053	0,7836	1,9526	1,14132
111	1,9373	0,4336	1,6483	0,50187	156	2,7227	0,7921	1,9563	1,15799
112	1,9548	0,4408	1,6581	0,51379	157	2,7402	0,8006	1,9598	1,17472
113	1,9722	0,4481	1,6678	0,52586	158	2,7576	0,8092	1,9633	1,19151
114	1,9897	0,4554	1,6773	0,53807	159	2,7751	0,8178	1,9665	1,20835
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55041	160	2,7925	0,8264	1,9696	1,22525
116	2,0246	0,4701	1,6961	0,56289	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,24221
117	2,0420	0,4775	1,7053	0,57551	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,25921
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	163	2,8449	0,8522	1,9780	1,27626
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	164	2,8623	0,8608	1,9805	1,29335
120	2,0944	0,5000	1,7321	0,61418	165	2,8798	0,8695	1,9829	1,31049
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62734	166	2,8972	0,8781	1,9851	1,32766
122	2,1293	0,5152	1,7492	0,64063	167	2,9147	0,8868	1,9871	1,34487
123	2,1468	0,5228	1,7576	0,65404	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,36212
124	2,1642	0,5305	1,7659	0,66759	169	2,9496	0,9042	1,9908	1,37940
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	170	2,9671	0,9128	1,9924	1,39671
126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505	171	2,9845	0,9215	1,9938	1,41404
127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897	172	3,0020	0,9302	1,9951	1,43140
128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301	173	3,0194	0,9390	1,9963	1,44878
129	2,2515	0,5695	1,8052	0,73716	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,46617
130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144	175	3,0543	0,9564	1,9981	1,48359
131	2,2864	0,5853	1,8199	0,76584	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,50101
132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,51845
133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497	178	3,1067	0,9825	1,9997	1,53589
134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,55334
135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454	180	3,1416	1,0000	2,0000	1,57080

4. powierzchnia odcinka kołowego  $= \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \varphi - \sin \varphi \right)$ ;

5. „ wycinka „  $= \frac{\varphi}{360} \pi r^2 = 0,008\ 726\ 65 \varphi r^2$ ;

6. łuk  $l =$  promieniowi  $r$  (1 radjan) odpowiada kątowni  $\varphi = 57^{\circ}17'44,806'' = 57,295\ 779\ 5^{\circ} = 206\ 264,806''$

7.  $\text{arc } 1^{\circ} = \pi : 180 = 0,017\ 453\ 29$ ;  $\lg \text{arc } 1^{\circ} = 0,241\ 877 - 2$

## 5. Podział obwodu koła na $n$ równych części

Odcinek podziałowy (cięciwa)  $c = \text{średnicy } d \times \sin \frac{180^\circ}{n}$

$n$	$\sin \frac{180^\circ}{n}$	$n$	$\sin \frac{180^\circ}{n}$	$n$	$\sin \frac{180^\circ}{n}$	$n$	$\sin \frac{180^\circ}{n}$
1	0,00000	21	0,14904	41	0,07655	62	0,05065
2	1,00000	22	0,14231	42	0,07473	64	0,04907
3	0,86603	23	0,13617	43	0,07300	66	0,04758
4	0,70711	24	0,13053	44	0,07134	68	0,04618
5	0,58779	25	0,12533	45	0,06976	70	0,04486
6	0,50000	26	0,12054	46	0,06824	72	0,04362
7	0,43388	27	0,11609	47	0,06679	74	0,04244
8	0,38268	28	0,11196	48	0,06540	76	0,04132
9	0,34202	29	0,10812	49	0,06407	78	0,04027
10	0,30902	30	0,10453	50	0,06279	80	0,03926
11	0,28173	31	0,10117	51	0,06156	82	0,03830
12	0,25882	32	0,09802	52	0,06038	84	0,03739
13	0,23932	33	0,09506	53	0,05924	86	0,03652
14	0,22252	34	0,09227	54	0,05814	88	0,03569
15	0,20791	35	0,08964	55	0,05709	90	0,03490
16	0,19509	36	0,08716	56	0,05607	92	0,03414
17	0,18375	37	0,08481	57	0,05509	94	0,03341
18	0,17365	38	0,08258	58	0,05414	96	0,03272
19	0,16459	39	0,08047	59	0,05322	98	0,03205
20	0,15643	40	0,07846	60	0,05234	100	0,03141

## 6. Wielobok umiarowy o $n$ bokach

$a$  = bok wieloboku umiarowego     $R$  = promień koła opisanego  
 $r$  = promień koła wpisanego         $F$  = powierzchnia

$n$	$a$		$r$		$R$		$F$		
3	3,464r	1,732R	0,289a	0,500R	0,577a	2,000r	0,433a <sup>2</sup>	5,196r <sup>2</sup>	1,299R <sup>2</sup>
4	2,000r	1,414R	0,500a	0,707R	0,707a	1,414r	1,000a <sup>2</sup>	4,000r <sup>2</sup>	2,000R <sup>2</sup>
5	1,453r	1,176R	0,688a	0,809R	0,851a	1,236r	1,721a <sup>2</sup>	3,633r <sup>2</sup>	2,378R <sup>2</sup>
6	1,155r	1,000R	0,866a	0,866R	1,000a	1,155r	2,598a <sup>2</sup>	3,464r <sup>2</sup>	2,598R <sup>2</sup>
7	0,963r	0,868R	1,038a	0,901R	1,152a	1,110r	3,635a <sup>2</sup>	3,371r <sup>2</sup>	2,736R <sup>2</sup>
8	0,828r	0,765R	1,207a	0,924R	1,307a	1,082r	4,828a <sup>2</sup>	3,314r <sup>2</sup>	2,828R <sup>2</sup>
9	0,728r	0,684R	1,374a	0,940R	1,462a	1,064r	6,182a <sup>2</sup>	3,276r <sup>2</sup>	2,893R <sup>2</sup>
10	0,650r	0,618R	1,539a	0,951R	1,618a	1,052r	7,694a <sup>2</sup>	3,249r <sup>2</sup>	2,939R <sup>2</sup>
11	0,587r	0,564R	1,703a	0,960R	1,775a	1,042r	9,364a <sup>2</sup>	3,230r <sup>2</sup>	2,974R <sup>2</sup>
12	0,536r	0,518R	1,866a	0,966R	1,932a	1,035r	11,196a <sup>2</sup>	3,215r <sup>2</sup>	3,000R <sup>2</sup>
16	0,398r	0,390R	2,514a	0,981R	2,563a	1,020r	20,109a <sup>2</sup>	3,183r <sup>2</sup>	3,062R <sup>2</sup>
20	0,317r	0,313R	3,157a	0,988R	3,196a	1,013r	31,569a <sup>2</sup>	3,168r <sup>2</sup>	3,090R <sup>2</sup>
24	0,263r	0,261R	3,798a	0,991R	3,831a	1,009r	45,575a <sup>2</sup>	3,160r <sup>2</sup>	3,106R <sup>2</sup>
32	0,197r	0,196R	5,077a	0,995R	5,101a	1,005r	81,225a <sup>2</sup>	3,152r <sup>2</sup>	3,121R <sup>2</sup>
48	0,131r	0,131R	7,629a	0,998R	7,645a	1,002r	183,08a <sup>2</sup>	3,146r <sup>2</sup>	3,133R <sup>2</sup>
64	0,098r	0,098R	10,178a	0,999R	10,190a	1,001r	325,69a <sup>2</sup>	3,144r <sup>2</sup>	3,137R <sup>2</sup>

## 7. Objętości kul dla średnic $d = 1 \div 160$

$d$	$\frac{\pi d^3}{6}$	$d$	$\frac{\pi d^3}{6}$	$d$	$\frac{\pi d^3}{6}$	$d$	$\frac{\pi d^3}{6}$
1	0,523599	41	36086,95	81	278261,8	121	927587,2
2	4,188790	42	38792,39	82	288695,6	122	950775,8
3	14,13717	43	41629,77	83	299387,0	123	974347,7
4	33,51032	44	44602,24	84	310339,1	124	998305,9
5	65,44985	45	47712,94	85	321555,1	125	1022654
6	113,0973	46	50965,01	86	333038,2	126	1047394
7	179,5944	47	54361,60	87	344791,4	127	1072531
8	268,0826	48	57905,84	88	356817,9	128	1098066
9	381,7035	49	61600,87	89	369120,9	129	1124004
10	523,5988	50	65449,85	90	381703,5	130	1150347
11	696,9100	51	69455,91	91	394568,9	131	1177098
12	904,7787	52	73622,18	92	407720,1	132	1204260
13	1150,347	53	77951,81	93	421160,3	133	1231838
14	1436,755	54	82447,92	94	434892,8	134	1259833
15	1767,146	55	87113,75	95	448920,5	135	1288249
16	2144,660	56	91952,32	96	463246,7	136	1317090
17	2572,441	57	96966,83	97	477874,5	137	1346357
18	3053,628	58	102160,4	98	492807,0	138	1376055
19	3591,364	59	107536,2	99	508047,4	139	1406187
20	4188,790	60	113097,3	100	523598,8	140	1436755
21	4849,048	61	118847,0	101	539464,3	141	1467763
22	5575,280	62	124788,2	102	555647,2	142	1499214
23	6370,626	63	130924,3	103	572150,5	143	1531112
24	7238,229	64	137258,2	104	588977,4	144	1563457
25	8181,231	65	143793,3	105	606131,0	145	1596256
26	9202,772	66	150532,6	106	623614,5	146	1629511
27	10305,99	67	157479,1	107	641431,0	147	1663224
28	11494,04	68	164636,2	108	659583,7	148	1697398
29	12770,05	69	172006,9	109	678075,6	149	1732038
30	14137,17	70	179594,4	110	696910,0	150	1767146
31	15598,53	71	187401,8	111	716090,0	151	1802725
32	17157,28	72	195432,2	112	735618,6	152	1838778
33	18816,57	73	203688,8	113	755499,1	153	1875309
34	20579,53	74	212174,8	114	775734,6	154	1912321
35	22449,30	75	220893,2	115	796328,3	155	1949816
36	24429,02	76	229847,3	116	817283,2	156	1987799
37	26521,85	77	239040,1	117	838602,7	157	2026271
38	28730,91	78	248474,9	118	860289,5	158	2065237
39	31059,36	79	258154,6	119	882347,3	159	2104699
40	33510,32	80	268082,6	120	904778,7	160	2144660

Objętość kuli  $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = 4,188790 r^3 = \frac{\pi d^3}{6} = 0,523599 d^3$ .

Powierzchnia kuli  $F = 4 \pi r^2 = 12,566 r^2 = \pi d^2 = 3,1416 d^2$ .

Dla kuli wydrążonej  $V = \frac{4}{3} \pi (R^3 - r^3) = 4,188790 (R^3 - r^3) =$   
 $= \frac{\pi}{6} (D^3 - d^3) = 0,523599 (D^3 - d^3)$ .

## 8. Znaki matematyczne wg. PN ●-111

Znak	Brzmienie znaku	Nazwa znaku, znaczenie i przykłady użycia
1. 1)	po pierwsze . . . . .	numeracja punktów i ustępów tekstu
... ( )	. . . . .	numerowanie wzorów
$\{ \}$	} nawias	
$\{ \}$		
$=$	równe . . . . .	znak równości
$\equiv$	tożsamościowe z, (identyczne)	
$\neq$	różne od, (nierówne)	
$\approx$	prawie równe, w przybliżeniu równe	
$<$	mniejsze niż	
$>$	większe niż	
$\leq$	mniejsze lub równe, nie większe od . . . . .	$a \leq b$ oznacza: $a$ nie większe od $b$
$\geq$	większe lub równe, nie mniejsze od	
$\div$	od... do... . . . . .	znak $\div$ między dwiema liczbami $10 \div 20$ oznacza od 10 do 20
$+$	więcej, plus . . . . .	znak dodawania, znak dodatni
$-$	mniej, minus . . . . .	znak odejmowania, znak ujemny
$\cdot$ $\times$	razy, mnożone przez	znak mnożenia, Znak $\cdot$ przy cyfrach umieszcza się w środku wiersza, przy literowych oznaczeniach opuszcza się
$:$ $-$ $/$	dzielone przez . . . . .	znak dzielenia. Znak $/$ można stosować, o ile nie zachodzą wątpliwości, co do jego znaczenia. Znak $-$ (minus) należy stawiać w połowie wysokości wiersza
$\cdot$	. . . . .	przecinek u dołu lub kropka u góry odzienia w ułamku dziesiętnym część ułamkową od liczby całkowitej. W liczbach wielocyfrowych do oddzielenia od siebie grup trzycyfrowych nie stosuje się ani kropek ani przecinków, lecz odstępy (spacje) np. 3,141 592 653...
... ( )	. . . . .	znak ułamka dziesiętnego okresowego. Znak $\dots$ umieszcza się po dwukrotnym powtórzeniu cyfr okresu lub okresową powtarzającą się część ułamka umuje się w nawiasy
$\rightarrow$	dąży do	
$a^m$	potęga $m$ -ta liczby $a$ , $a$ do $m$ -tej potęgi	

Znak	Brzmienie znaku	Nazwa znaku, znaczenie i przykłady użycia
$\sqrt{\quad}$	pierwiastek kwadratowy	
$\sqrt[m]{\quad}$	pierwiastek m-ty	
!	silnia . . . . .	$n!$ — wymawia się $n$ silnia i oznacza $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n$
‰	procent, od sta	
‰‰	promil, (pro mille), od tysiąca	
mod	bezwzględna wartość, moduł . . . . .	$ -a $ , mod $a$
const	constans . . . . .	wartość stała
lim	limes . . . . .	granica
$\infty$	nieskończoność	
i	jednostka urojona . . .	$\sqrt{-1}$ , pierwiastek kwadratowy z $(-1)$
	wyznacznik . . . . .	$\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & \dots & p_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & \dots & p_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & b_n & c_n & \dots & p_n \end{vmatrix}$
$\lg_b$	logarytm . . . . .	logarytm przy podstawie (zasadzie) $b$
$\lg$	logarytm dziesiętny . .	logarytm przy podstawie 10
$\ln$	logarytm naturalny . .	logarytm przy podstawie $e = 2,718\ 281\ 828\dots$
sin	sinus, wstawa	
cos	cosinus, dostawa	
tg	tangens, stycznca	
ctg	cotangens, dotyczna	
sec	secans, sieczna	
cosec	cosecans, dosieczna	
arc sin	arcus sinus . . . . .	łuk odpowiadający danej wartości funkcji sin
arc cos	arcus cosinus . . . . .	łuk odpowiadający danej wartości funkcji cos
arc tg	arcus tangens . . . . .	łuk odpowiadający danej wartości funkcji tg
arc ctg	arcus cotangens . . . .	łuk odpowiadający danej wartości funkcji ctg
sinh	sinus hyperbolicus	
cosh	cosinus hyperbolicus	
tgh	tangens hyperbolicus	
ctgh	cotangens hyperbolicus	
ar sinh	area sinus hyperbolici .	funkcja odwrotna względem sinh
ar cosh	area cosinus hyperbolici	funkcja odwrotna względem cosh
ar tgh	area tangens hyperbolici	funkcja odwrotna względem tgh
ar ctgh	area cotangens hyperbolici . . . . .	funkcja odwrotna względem ctgh



Znak	Brzmienie znaku	Nazwa znaku, znaczenie i przykłady użycia
$\Delta$	przyrost (różnica)	
$d$	różniczka	
$\delta$	różniczka cząstkowa	
$\partial$	przemienność, warjacja	
$\Sigma$	suma . . . . .	$\sum_{i=1}^{i=n} a_i$ oznacza sumę $a_1 + a_2 + a_3 \dots + a_n$
$\int$	całka nieokreślona	
$\int_a^b$	całka określona w granicach od $a$ do $b$ . . . . .	$\int_a^b x dx = \frac{b^2 - a^2}{2}$
	funkcje . . . . .	$f(x), \varphi(y), t(z)$ — odpowiednio oznaczają funkcje: $f$ zmiennej $x$ , $\varphi$ zmiennej $y$ , $t$ zmiennej $z$ .  $f'(x), y'_x, \frac{dz}{dx}$ — odpowiednio oznaczają pierwsze pochodne funkcji $f(x), y, z$ względem $x$ .  $f^{(n)}(x), y_x^{(n)}, \frac{d^n z}{dx^n}$ — odpowiednio oznaczają $n$ -te pochodne funkcji $f(x), y, z$ względem $x$ .
$\sphericalangle$	kąt . . . . .	$\sphericalangle ABC$ — kąt $ABC$
$\perp$	prostopadłe do	
$\parallel$	równoległe do	
$\#$	równe i równoległe do	
$\sim$	podobne do . . . . .	$\triangle ABC \sim \triangle DEF$ oznacza podobieństwo tych trójkątów. (Znak $\sim$ odróżniać od znaku $\curvearrowright$ prądu zmiennego)
$\supseteq$	przystające (pokrywające się nawzajem)	
$\triangle$	trójkąt . . . . .	$\triangle ABC$ — trójkąt $ABC$
$\pi$	pi . . . . .	stosunek obwodu koła do jego średnicy
$-$	odcinek . . . . .	$AB$ — odcinek $AB$
$\frown$	łuk . . . . .	$\frown AB, \widehat{AB}$ — łuk $AB$
$\wedge$	wektor . . . . .	$\widehat{AB}$ — wektor $AB$ , $\widehat{W}$ — wektor $W$

## 9. Matematyka i jej podział

*Matematyka* zajmuje się badaniem liczb i postaci geometrycznych. Liczba jest przedmiotem *analizy*, a postać geometryczna stanowi przedmiot badań *geometrii*.

*Działanie matematyczne* polega na łączeniu pewnych form matematycznych celem otrzymania nowych form (liczbowych lub geometrycznych).

Podział matematyki elementarnej:

Analiza.

Geometria.

Arytmetyka. Algebra.

Planimetria.

Stereometria.

Trygonometria. Geometria analityczna.

## 10. Algebra

*Wyrażenie algebraiczne* jest to jedna lub więcej liczb, związanych z sobą za pomocą jakichkolwiek działań, używanych w algebrze.

*Działania algebraiczne* dzielimy na działania proste i odwrotne. Do działań prostych należą:

1) dodawanie:  $a + b$ ,

2) mnożenie:  $a \cdot b$ ,

3) potęgowanie  $a^b$ .

Do działań odwrotnych zaliczamy:

1) odejmowanie:  $a - b$ ,

2) dzielenie:  $a : b$ ,

3) pierwiastkowanie:  $x = \sqrt{a}$ .

*Działania główne* podlegają następującym prawom:

1) *prawy przemienności*:  $a + b = b + a$ .

2) *prawy łączności*:  $(a + b) + c = a + (b + c)$ .

3) *prawy rozdzielności*:  $(a + b) \cdot c = a c + b c$ .

### Potęgi.

*Potęga* jest to iloczyn równych czynników, napisany przy pomocy dwu liczb, zasady i wykładnika; wykładnik  $n$  wskazuje, ile razy należy zasądę  $a$  pomnożyć przez siebie.

$$a \cdot a \cdot a \dots (n \text{ razy}) = a^n; \quad a^n = b;$$

1.  $a^0 = 1$ ;  $a^1 = a$ ;  
 $0^n = 0$ ;  $1^n = 1$ ;

2.  $a^\infty = \begin{cases} 0 & \text{gd}y \ a < 1; \\ \infty & \text{gd}y \ a > 1; \end{cases}$

3.  $(+a)^{2n} = +a^{2n}$ ;  
 $(-a)^{2n} = +a^{2n}$ ;

np.  $(+3)^2 = 9$ ;  
„  $(-3)^2 = 9$ ;

4.  $(+a)^{2n+1} = +a^{2n+1}$ ;  
 $(-a)^{2n+1} = -a^{2n+1}$ ;

„  $(+3)^3 = 27$ ;  
„  $(-3)^3 = -27$ ;

5.  $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$ ;                      np.  $3^3 \cdot 3^2 = 3^5$ ;  
 6.  $a^m : a^n = a^{m-n}$ ;                      „  $3^7 : 3^4 = 3^3$ ;  
 7.  $(a^m)^n = a^{mn} = (a^n)^m$ ;                      „  $(3^3)^2 = 3^6$ ;  
 8.  $a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$ ;                      „  $3^3 \cdot 4^3 = (3 \cdot 4)^3 = 12^3$ ;  
 9.  $\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$ ;                      10.  $\frac{m}{a^n} = \sqrt[n]{a^m}$ ;  
 11.  $\frac{1}{a^n} = \left(\frac{1}{a}\right)^n = a^{-n}$ ;                      12.  $a^{-1} = \frac{1}{a}$ ;  
 13.  $(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$ ;                      14.  $(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$ ;  
 15.  $(a+b)(a+c) = a^2 + a(b+c) + bc$ ;  
 16.  $a^3 \pm b^3 = (a \pm b)(a^2 \mp ab + b^2)$ ;  
 17.  $(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$ .

### Pierwiastki.

Jeśli  $a^n = b$ , to  $a = \sqrt[n]{b}$ .

Pierwiastek  $n$ -tego stopnia z liczby  $b$  jest to pewna liczba  $a$ , którą należy podnieść do potęgi  $n$ , żeby otrzymać  $b$ . Pierwiastkowanie zatem jest odwrotnym działaniem do potęgowania (szukaniem zasady potęgi).

1.  $\sqrt[n]{0} = 0$ ;  $\sqrt[n]{1} = 1$ ;                      2.  $\sqrt[n]{a^n} = \sqrt[n]{a^1} = a$ ;  
 3.  $\sqrt[n]{a^m \cdot n} = a^m$ ;                      4.  $\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$ ;  
 5.  $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$ ;                      6.  $\sqrt[n]{\frac{1}{a}} = \frac{1}{\sqrt[n]{a}} = a^{-\frac{1}{n}}$ ;  
 7.  $\sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^{\frac{m}{n}}}$ ;                      8.  $\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[mn]{a}$ ;  
 9.  $\sqrt{+a^2} = \pm a$ ;                      10.  $\sqrt[2n]{a} = \pm a^{\frac{1}{2n}}$ ;  
 11.  $\sqrt[2n+1]{+a} = +a^{\frac{1}{2n+1}}$ ;                      12.  $\sqrt[2n+1]{-a} = -a^{\frac{1}{2n+1}} = -\sqrt[2n+1]{a}$ ;  
 13.  $\sqrt[2n]{-a} = \sqrt[n]{\sqrt{-a}} = \sqrt[n]{i \sqrt{a}}$ , gdzie  $i = \sqrt{-1}$  liczba urojona.

$$14. \sqrt{-a} = \sqrt{-1} \cdot \sqrt{a} = i\sqrt{a}; \quad i^2 = -1; \quad i^3 = -i; \quad i^4 = 1;$$

$$15. \sqrt{(a+b)^2} = \pm(a+b); \quad 16. \sqrt{a} + \sqrt{b} = \sqrt{a+2\sqrt{a \cdot b}+b};$$

### Logarytmy.

Jeśli  $a^n = b$ , to  $n = \lg_a b$ .

Logarytmy o zasadzie  $a$  z liczby logarytmowanej (numerus logarytmu)  $b$  jest to wykładnik  $n$ , do którego należy podnieść zasadę  $a$ , żeby otrzymać  $b$ . Logarytmowanie jest zatem drugą odwrotnością potęgowania (szukaniem wykładnika potęgi).

Logarytmy o równej zasadzie tworzą układ logarytmów o danej zasadzie. Powszechnie używane są logarytmy o zasadzie 10, zwane *logarytmami zwyczajnymi*, *dziesiętnymi* lub *logarytmami Briggs'a*.

$$\lg_{10} b = \lg b;$$

$$\lg 1 = 0, \text{ ponieważ } 10^0 = 1; \quad \lg 0,1 = -1;$$

$$\lg 10 = 1, \quad \text{,,} \quad 10^1 = 10; \quad \lg 0,01 = -2;$$

$$\lg 100 = 2, \quad \text{,,} \quad 10^2 = 100; \quad \lg 0,001 = -3.$$

Logarytm składa się z liczby całkowitej, t. zw. *cechy*, i ułamka dziesiętnego, zwanego *mantysą logarytmu*. Mantysę znajdujemy z tabel logarytmicznych, cechę zaś obliczamy z ilości miejsc liczby logarytmowanej przed przecinkiem.

$$\text{Np.: } \lg 325 = 2,5119; \quad \lg 0,325 = 0,5119 - 1;$$

$$\lg 32,5 = 1,5119; \quad \lg 0,0325 = 0,5119 - 2;$$

$$\lg 3,25 = 0,5119; \quad \lg 0,00325 = 0,5119 - 3.$$

### Zasady liczenia logarytmami.

Działanie	Sprowadza się do	Obliczając $\lg x$
Mnożenie $x = a \cdot b$	dodawania	$\lg a \cdot b = \lg a + \lg b$
Dzielenie $x = \frac{a}{b}$	odejmowania	$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b$
Potęgowanie $x = a^n; \quad x = a^{\frac{n}{m}}$	mnożenia	$\lg a^n = n \lg a$ $\lg a^{\frac{n}{m}} = \frac{n}{m} \lg a$
Pierwiastkowanie $x = \sqrt[n]{a}; \quad x = \sqrt[n]{a^m}$	dzielenia	$\lg \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \lg a$ $\lg \sqrt[n]{a^m} = \frac{m}{n} \lg a$

W wyższej matematyce używa się logarytmów o zasadzie  $e = 2,718\ 282$ , zwanych *logarytmami naturalnymi* lub *logarytmami Nepper'a*. Przyjęta w nich zasada  $e$  jest granicą ciągu:

$$1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \dots + \frac{1}{n!}, \text{ a więc liczbą niewymierną.}$$

$$\lg_e b = \ln b;$$

$$\lg_e e = 0,434\ 294; \quad \frac{1}{\lg_e} = \ln 10 = 2,302\ 585; \quad \lg_e \cdot \ln 10 = 1;$$

$$1 \cdot \ln x = \lg_e x = \frac{1}{\lg_e} \cdot \lg x = \ln 10 \cdot \lg x = 2\ 302\ 585 \cdot \lg x;$$

$$2 \cdot \lg x = \lg_{10} x = \frac{1}{\ln 10} \cdot \ln x = \lg_e \cdot \ln x = 0,434\ 294 \cdot \ln x.$$

### Równania.

*Równaniem* nazywamy połączenie znakiem równości dwu wyrażeń algebraicznych, złożonych z wielkości wiadomych i niewiadomych. Szczególne wartości, które ma się nadać literom przedstawiającym wielkości niewiadome, nazywają się *pierwiastkami* równania. — Rozwiązać równanie znaczy znaleźć jego pierwiastek. Rozwiązywanie równań opiera się na *prawie przekształceń*: Jeżeli na równych wielkościach wykonamy te same działania, otrzymujemy równe wyniki. W szczególności przy przekształcaniu równań stosuje się prawa przemienności, łączności i rozdzielności. — Równania dzielimy według stopni i liczby niewiadomych. O *stopniu równania* decyduje najwyższy wykładnik niewiadomej.

### Równanie 1-go stopnia (linjowe).

I. z jedną niewiadomą:

$$1. \quad ax + b = c; \quad x = \frac{c - b}{a};$$

$$2. \quad ax + b = 0; \quad x = -\frac{b}{a};$$

II. z dwiema niewiadomymi:

1. Metoda podstawiania.

$$a) \quad ax + by = c \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Z równania a) znajdujemy } x = \frac{c - by}{a}, \end{array} \right.$$

$$b) \quad a_1x + b_1y = c_1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{poczem wartość na } x \text{ wstawiamy} \\ \text{do równania b), otrzymując } y. \end{array} \right.$$

2. Metoda porównywania wyrażeń niewiadomej.

Z obu równań znajdujemy  $x$ , poczem otrzymane wartości porównujemy z sobą, znajdując  $y$ .

$$\left. \begin{array}{l} x = \frac{c - by}{a} \\ x = \frac{c_1 - b_1y}{a_1} \end{array} \right\} \quad \frac{c - by}{a} = \frac{c_1 - b_1y}{a_1}; \quad y = \frac{ac_1 - a_1c}{ab_1 - a_1b}.$$

### 3. Metoda wyrównywania współczynników.

- a)  $ax + by = c$   $\times -a_1$   $\times b_1$  Mnożymy pierwsze  
 b)  $a_1x + b_1y = c_1$   $\times a$   $\times -b$  równanie przez  $-a_1$ ,  
 drugie przez  $a$ , przez co po zsumowaniu znosimy  
 niewiadomą  $x$ , otrzymując wartość na  $y$ ; podobnie,  
 mnożąc oba równania kolejno przez  $b_1$  i  $-b$ ,  
 znieśmy  $y$ , otrzymując  $x$ .

### Równanie 2-go stopnia (kwadratowe).

$$1. x^2 = a; x_{1,2} = \pm \sqrt{a}; \quad 2. ax + c = 0; x_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}};$$

$$3. ax^2 + bx = 0; x_1 = 0; x_2 = -\frac{b}{a};$$

$$4. ax^2 + bx + c = 0; x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a};$$

$b^2 - 4ac = \Delta$  wyróżnik równania kwadratowego;

$$5. x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a} = 0; \frac{b}{a} = p; \frac{c}{a} = q; x^2 + px + q = 0,$$

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{p^2 - 4q}; \quad p^2 - 4q = \Delta;$$

$$6. ax^2 + 2kx + c = 0; x_{1,2} = \frac{-k \pm \sqrt{k^2 - ac}}{a};$$

Związek między współczynnikiem a pierwiastkami:

$$x_1 + x_2 = -p = -\frac{b}{a}; \quad x_1 \cdot x_2 = q = \frac{c}{a};$$

Dyskusja równania kwadratowego:

jeżeli  $\Delta > 0$ , to równanie ma 2 pierwiastki rzeczywiste różne.

„  $\Delta = 0$ , „ „ ma jeden pierwiastek (dwa równe).

„  $\Delta < 0$ , „ „ nie posiada pierwiastków (urojone),

jeżeli  $\frac{c}{a} = q > 0$ , to oba pierwiastki mają znaki jednakowe,

przyczem gdy  $-\frac{b}{a} = -p > 0$ , to oba dodatnie,

„  $-\frac{b}{a} = -p < 0$ , „ „ ujemne;

jeżeli  $\frac{c}{a} = q < 0$ , to pierwiastki mają znaki różne,

przyczem gdy  $-\frac{b}{a} = -p > 0$ , to  $|x_1| > |x_2|$ ,

„  $-\frac{b}{a} = -p < 0$ , „  $|x_1| < |x_2|$ .

# 11. Planimetria

## Konstrukcje geometryczne



**Koło** = linia krzywa zamknięta (obwód), której każdy punkt jest równo oddalony od środka.  
**Łuk** = część obwodu koła.

**Promień** = odcinek, łączący środek koła, z którymkolwiek punktem obwodu koła.

**Cięciwa** = odcinek, łączący 2 punkty obwodu koła.

**Średnica** = cięciwa, przechodząca przez środek.

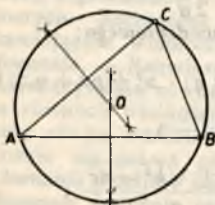
**Sieczna** = prosta, przecinająca koło w 2 punktach.

**Styczna** = prosta, mająca z kołem tylko 1 punkt wspólny; styczna jest prostopadła do promienia, poprowadzonego z punktu styczności.

**Odcinek koła** = część powierzchni koła, ograniczona cięciwą i łukiem.

**Wycinek koła** = część powierzchni koła, ograniczona dwoma promieniami i łukiem.

### Koło opisane na trójkącie.

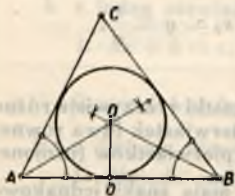


1. Wykreślamy symetralne dwu boków trójkąta (np. boków  $AB$  i  $AC$ ).

2. W punkcie przecięcia się symetralnych  $O$  stawiamy nóżkę cyrkla i, rozchylając go do któregośkolwiek z wierzchołków trójkąta (np.  $C$ ), zakreślamy koło.

3. Otrzymane koło przechodzi przez wszystkie trzy wierzchołki trójkąta.

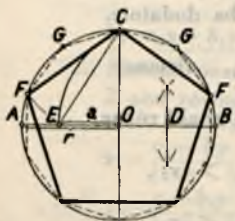
### Koło wpisane w trójkąt.



1. Rysujemy symetralne dwu kątów trójkąta (np. kątów  $CAB$  i  $ABC$ ).

2. Z punktu przecięcia się symetralnych  $O$  wykreślamy prostą prostopadłą do któregośkolwiek z boków trójkąta (np.  $OD \perp AB$ ).

3. Stawiając w punkcie  $O$  nóżkę cyrkla, zakreślamy rozwartością  $OD$  koło, które jest styczne do wszystkich trzech boków trójkąta.



**Podział obwodu koła na 5 oraz 10 równych części.**

1. Dzielimy  $OB$  na  $OD = BD$  (połowimy).

2. Cyrklem, ustawionym w punkcie  $D$ , zakreślamy łuk  $CE$ .

3. Odcinek  $CE = CF$  bokowi 5-boku umiarowego.

4. Odcinek  $OE = CG$  „ 10-boku „

Uwaga: Bok 10-boku umiarowego jest zarazem większym odcinkiem podziału złotego promienia koła opisanego na tym 10-boku;

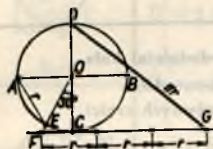
$$OA : OE = OE : AE, \text{ czyli } r : a = a : (r - a)$$

## Konstrukcje geometryczne



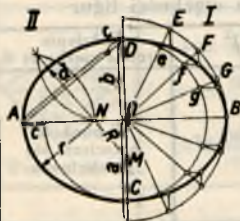
**Podział obwodu koła na 7 równych części.**

1. Dzielimy promień  $OA$  na  $\overline{OM} = \overline{MA}$  (połowimy).
2. Wystawiamy w punkcie  $M$  prostopadłą do  $\overline{OA}$ , która przetnie obwód koła w punkcie  $N$ .
3. Odcinek  $MN$  równa się w przybliżeniu ( $0,866 r$  zamiast  $0,868 r$ ) bokowi 7-boku umiar.  $ND$ .



**Kwadratura koła (metoda Kochańskiego).**

1. Wykreślamy styczną do koła w punkcie  $C$ .
2. Ze środka  $O$  prowadzimy  $OF$  pod kątem  $30^\circ$  lub zapomocą trójkąta równobocznego  $AOE$ .
3. Odcinamy na stycznej w  $C$  od punktu  $F$  trzy promienie  $r$  i otrzymujemy punkt  $G$ , który łączymy z punktem  $D$ .
4. Odcinek  $GD \approx \pi r$  ( $3,14153 \cdot r$  zamiast  $3,14159 \cdot r$ ), czyli w przybliżeniu połowie obwodu koła.
5. Jeżeli teraz na  $\overline{GD}$  zbudujemy prostokąt o wysokości  $r$ , to jego pole  $P \approx r^2 \pi$ ; zamieniwszy ten prostokąt na kwadrat otrzymamy przybliżoną kwadraturę koła.

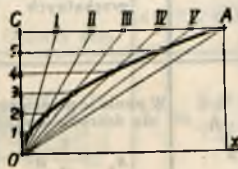


**I. Konstrukcja elipsy (dane długości obu osi).**

1. Kreślimy 2 koła współśrodkowe o promieniach równych połowie osi elipsy.
2. Z dowolnych punktów  $E, F, G$ , znajdujących się na obwodzie koła dużego, prowadzimy promienie przecinające koło mniejsze w punktach  $e, f, g$ .
3. Z punktów  $E, F, G$  kreślimy prostopadłe do  $AB$ , z punktów  $e, f, g$  równoległe do  $AB$ .
4. Punkty przecięcia się tych prostopadłych z równoległymi są punktami obwodu elipsy.

**II. Konstrukcja zapomocą cyrkla (przybliżona).**

1. Łączymy punkt  $A$  z punktem  $D$ .
2. Odcinamy na  $\overline{AD}$  odcinek  $c = a - b$ .
3. Rysujemy symetralną odcinka  $d$ .
4.  $MD$  jest dużym promieniem  $R$ ,  $NA$  małym promieniem  $r$  obwodu elipsy.

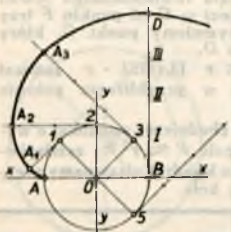


**Konstrukcja paraboli (dane: wierzchołek  $O$ , oś  $O-x$  oraz dowolny punkt  $A$ ).**

1. Budujemy prostokąt  $OxAC$  i dzielimy w nim  $\overline{CO}$  i  $\overline{CA}$  na  $n$  równych części.
2. Punkty podziału na  $\overline{CA}$  łączymy z  $O$ .
3. Od punktów podziału na  $\overline{CO}$  prowadzimy równoległe do osi  $O-x$ .
4. Punkty przecięcia się prostych połączonych z  $O$  z odpowiadającymi sobie prostymi równoległymi do  $O-x$  są punktami paraboli.



## Konstrukcje geometryczne



### Konstrukcja hiperboli

(dane: oś  $x-x$ , wierzchołki  $A, A_1$  oraz ogniska  $F, F_1$ ).

1. Dowolnym rozchyleniem cyrkla  $A_1P > A_1F$  zakreślamy z punktu  $F_1$  łuk.
2. Rozwartością  $AP$  zakreślamy z punktu  $F$  drugi łuk, przecinający łuk poprzedni w punktach  $M$  i  $M'$ .
3. Punkty  $MM'$  są punktami hiperboli.
4. Szukając punktów drugiej gałęzi hiperboli postępujemy przeciwnie (punkty  $M_2$  i  $M'_2$ ).
5. Szukając dalszych punktów tak jednej jak i drugiej gałęzi, obieramy inne rozchylenie cyrkla np.  $A_1R$  i, postępując tak samo jak z rozwartością  $A_1P$ , otrzymamy punkty  $N$  i  $N'$  (oraz  $N_2$  i  $N'_2$ ).

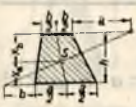





### Ewolwenta (odwinięta) koła.

1. Odcinamy  $\overline{BD} =$  łukowi  $AB$ .
2. Dzielimy:  $\overline{BD}$  na  $n$  równych części.  
 $\overline{AB}$  .. " .. " .. "
3. Wykreślamy: w 1 styczną  $1A_1 = B I$   
                   " 2 "      $2A_2 = B II$   
                   " 3 "      $3A_3 = B III$  i t. d.
4. Punkty  $A_1, A_2, A_3$  itd. są punktami ewolwenty.

## Wymiary, pola i położenie środka ciężkości figur


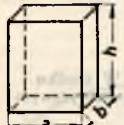





Figura	Wymiary	Pole $F$	Położenie środka ciężkości $S$
 Kwadrat	$a = \sqrt{F}$	$F = a \cdot a = a^2$	W punkcie przecięcia się przekątnych
 Prostokąt	$h = \frac{F}{b}$ $b = \frac{F}{h}$	$F = b \cdot h$	W punkcie przecięcia się przekątnych
 Trójkąt	$h = \frac{2F}{b}$ $b = \frac{2F}{h}$	$F = \frac{b \cdot h}{2}$	W punkcie przecięcia się dośrodkowych $x_s = \frac{1}{3} h$

Wymiary, pola i położenie środka ciężkości figur







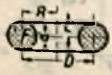
Figura	Wymiary	Pole $F$	Położenie środka ciężkości $S$
 <p>Trapez</p>	$h = \frac{2F}{a+b}$ $a = \frac{2F}{h} - b$ $b = \frac{2F}{h} - a$	$F = \frac{a+b}{2} \cdot h$	<p>Na linii, łączącej środku boków równoległych</p> $x_a = \frac{h}{3} \cdot \frac{a+2b}{a+b}$ $x_b = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a+b}{a+b}$
 <p>Kolo</p>	$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \frac{U}{2\pi}$ $U = 2r\pi = \pi d$ <p>(<math>U</math> = obwód)</p>	$F = r^2 \cdot \pi$ $= \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{U \cdot d}{4}$	<p>W środku geometrycznym</p>
 <p>Pierścień</p>	$s = R - r$ $= \frac{D - d}{2}$	$F = \pi (R^2 - r^2)$ $= \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ $= \pi s (d + s)$	<p>W środku geometrycznym</p>
 <p>Wycinek koła</p>	$l = \frac{r \cdot \pi \cdot \alpha}{180}$ $r = \frac{180 \cdot l}{\pi \cdot \alpha}$ $\alpha = \frac{180 \cdot l}{\pi \cdot r}$	$F = \frac{l \cdot r}{2}$ $= \frac{r^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{360}$	$x_s = \frac{2}{3} \cdot \frac{r \cdot c}{l}$ <p>dla półkola</p> $x_s = \frac{4}{3} \cdot \frac{r}{\pi}$
 <p>Odcinek koła</p>	$r = \frac{c^2}{8h} + \frac{h}{2}$ $h = r - \sqrt{r^2 - \frac{c^2}{4}}$ $c = 2\sqrt{h(2r-h)}$	$F = \frac{l \cdot r}{2} - \frac{c(r-h)}{2}$	$x_s = \frac{c^3}{12F}$
 <p>Elipsa</p>	$U \approx \frac{8d^2}{7D} + 2D$ <p>(<math>U</math> = obwód)</p>	$F = a \cdot b \cdot \pi$ $= \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$ <p>(<math>a, b</math> = półosi)</p>	<p>W punkcie przecięcia się osi</p>

## 12. Stereometria

### Powierzchnie i objętości brył

Bryła	Pobocznicą $B$ oraz podstawa $F, f$	Powierzchnia całkowita $P$	Objętość $V$	
 Kostka	$B = 4a^2$ $F = a^2$	$P = B + 2F$ $= 6a^2$	$V = a \cdot a \cdot a = a^3$	
 Prostopadłościan	$B = 2bh + 2ah$ $= 2h(a + b)$ $F = a \cdot b$	$P = B + 2F$ $= 2(ab + bh + ah)$	$V = F \cdot h$ $= a \cdot b \cdot h$	
 Ostrosłup	$B = \frac{U \cdot w}{2}$ <p style="font-size: small;">(<math>U</math> = obwód podst.)</p>	$P = B + F$	$V = \frac{F \cdot h}{3}$	
Ostrosłup umiarywy		$F = \frac{U \cdot r}{2}$ <p style="font-size: small;">(<math>r</math> = promień koła wpis. w podstawę)</p>		$P = \frac{U}{2}(w + r)$ <p style="font-size: small;">(<math>w</math> = apotema ściany bocznej)</p>
 Ostrosłup ścięty	$B = \frac{U + u}{2} \cdot w$	$P = B + F + f$	$V = \frac{h}{3} \cdot (F + \sqrt{F \cdot f} + f)$	
Ostrosłup ścięty umiarywy		$F = \frac{U \cdot R}{2}; f = \frac{u \cdot r}{2}$		$P = \frac{U}{2}(w + R) + \frac{u}{2}(w + r)$
 Walec	pełny	$B = 2\pi R \cdot h$ $F = \pi \cdot R^2$	$P = B + 2F$ $= 2\pi R(R + h)$	$V = F \cdot h$ $= \pi R^2 h$
 Walec	wydrąż.	$B = 2\pi h(R + r)$ $F = \pi(R^2 - r^2)$	$P = B + 2F$	$V = \pi \cdot h(R^2 - r^2)$ $= \pi h s(D - s)$
 Stożek	$B = \pi \cdot r \cdot l$ $= \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$ $F = \pi r^2$	$P = B + F$ $= \pi r l + r^2 \pi$ $= \pi r(l + r)$	$V = \frac{F \cdot h}{3} = \frac{\pi r^2 h}{3}$	

Powierzchnie i objętości brył

Bryła	Pobocznicza $B$ oraz podstawa $F, f$	Powierzchnia całkowita $P$	Objętość $V$
 Stożek ścięty	$B = \pi \cdot l(R + r)$ $F = \pi \cdot R^2$ $f = \pi \cdot r^2$	$P = B + F + f$ $= \pi R(l + R)$ $+ \pi r(l + r)$	$V = \frac{\pi h}{3}$ $\cdot (R^2 + R \cdot r + r^2)$
 Kula	$B = P$	$P = 4 \pi \cdot R^2$ $= \pi D^2$	$V = \frac{4}{3} \pi R^3$ $= \frac{\pi D^3}{6}$
 Wycinek kuli	$B_{\text{czasy}} = 2 \pi R h$ $B_{\text{stożka}} = \pi R r$	$P = B_{\text{cz}} + B_{\text{st}}$ $= \pi R(2h + r)$	$V = \frac{2 \pi \cdot R^2 \cdot h}{3}$
 Odcinek kuli	$B = 2 \pi R \cdot h$ $= \pi (r^2 + h^2)$ $F = \pi \cdot r^2$	$P = B + F =$ $= \pi (2Rh + r^2)$ $= \pi (2r^2 + h^2)$	$V = \pi h^2 \left( R - \frac{h}{3} \right)$ $= \frac{\pi \cdot h}{2} \left( r^2 + \frac{h^2}{3} \right)$
Reguła <i>Guldin'a</i>	Powierzchnia $P$		Objętość $V$
  	<p>Pole powierzchni obrotowej, powstałej przez obrót odcinka <math>AB</math> (leżącego w tej samej płaszczyźnie co oś obrotu) dokola pewnej osi równa się iloczynowi z długości <math>l</math> tego odcinka oraz drogi <math>2\rho\pi</math>, zakreślonej przez środek ciężkości <math>S</math> tegoż odcinka</p> $P = l \cdot 2\rho\pi$	<p>Objętość bryły obrotowej, powstałej przez obrót płaszczyzny (figury) dokola pewnej osi (nie przecinającej jej ograniczenia) równa się iloczynowi z pola (powierzchni) <math>F</math> tej figury oraz drogi <math>2\rho\pi</math> zakreślonej przez środek ciężkości <math>S</math> tejże figury.</p> $V = F \cdot 2\rho\pi = ab \cdot 2\rho\pi$	
Np. dla pierścienia			
$P = 2r\pi \cdot 2R\pi =$ $= 4\pi^2 Rr;$ $P = \pi d \cdot \pi D =$ $= \pi^2 Dd;$		$V = F \cdot 2R\pi = r^2\pi \cdot 2R\pi =$ $= 2\pi^2 Rr^2;$ $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \pi D = \frac{\pi^2 D d^2}{4};$	

### 13. Trygonometria

Miara praktyczną kąta jest jeden stopień ( $1^\circ$ ).

$$1^\circ = \frac{1}{90} \text{ kąta prostego} = \frac{1}{360} \text{ kąta pełnego.}$$

Miara teoretyczną (bezwzględna) kąta jest jeden *radjan*. Jest to kąt, którego łuk (arcus) równa się promieniowi koła.

$$\text{arc } \alpha = \frac{l}{r};$$

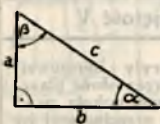
$$\text{arc } \alpha = 1, \text{ gdy } l = r, \text{ tj. gdy } \alpha = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ 17' 44,8''.$$

Miara teoretyczną kąta jest zatem stosunek łuku do promienia.

gdy $\alpha =$	$360^\circ$	$270^\circ$	$180^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$15^\circ$	$0^\circ$
to $\text{arc } \alpha =$	$2\pi$	$\frac{3\pi}{2}$	$\pi$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{12}$	0

#### Funkcje goniometryczne (kątowe).

Stosunek  $\frac{a}{c} = \text{sinus}$  kąta  $\alpha$ ,      krótko  $\text{sin } \alpha$ ;

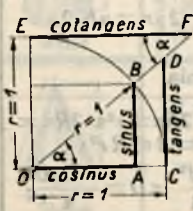


„  $\frac{b}{c} = \text{cosinus}$  kąta  $\alpha$ ,      „  $\text{cos } \alpha$ ;

„  $\frac{a}{b} = \text{tangens}$  kąta  $\alpha$ ,      „  $\text{tg } \alpha$ ;

„  $\frac{b}{a} = \text{cotangens}$  kąta  $\alpha$ ,      „  $\text{ctg } \alpha$ .

#### Goniometria.



$$\text{sin } \alpha = \frac{AB}{r} = AB;$$

$$\text{cos } \alpha = \frac{AO}{r} = AO;$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{CD}{r} = CD;$$

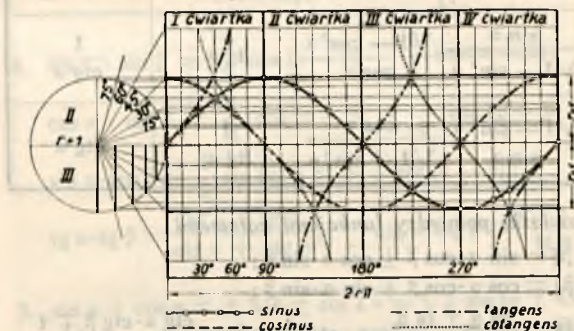
$$\text{ctg } \alpha = \frac{EF}{r} = EF.$$



## Funkcje w czterech ćwiartkach.

Funkcje	Znak funkcji				Wzory redukcyjne do kąta $\alpha < 90^\circ$			
	Kąt $\varphi$ leży w ćwiartce				Kąt $\varphi =$			
	I	II	III	IV	$\pm \alpha$	$90 \pm \alpha$	$180 \pm \alpha$	$270 \pm \alpha$
$\sin \varphi =$	+	+	-	-	$\pm \sin \alpha$	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$
$\cos \varphi =$	+	-	-	+	$+\cos \alpha$	$\mp \sin \alpha$	$-\cos \alpha$	$\pm \sin \alpha$
$\operatorname{tg} \varphi =$	+	-	+	-	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$	$\pm \operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \alpha$
$\operatorname{ctg} \varphi =$	+	-	+	-	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$	$\pm \operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \alpha$
$\sin(45^\circ \pm \alpha) = \cos(45^\circ \mp \alpha)$					$\operatorname{tg}(45^\circ \pm \alpha) = \operatorname{ctg}(45^\circ \mp \alpha)$			

### Graficzne obrazy (wykresy) funkcji kątowych.



### Wartości szczególne oraz graniczne funkcji

$f(\alpha)$ \ $\alpha$	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$	$360^\circ$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2} \sqrt{3}$	+1	0	-1	0
$\cos \alpha$	+1	$\frac{1}{2} \sqrt{3}$	$\frac{1}{2} \sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	+1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{1}{3} \sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\infty$	0	$\infty$	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	$\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3} \sqrt{3}$	0	$\infty$	0	$\infty$

*Zasadnicze związki między funkcjami kątowymi.*

1.  $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$ ;    2.  $\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$ ;  
 3.  $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ ;    4.  $\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1$ .

Wyrażenie danej funkcji zapomocą pozostałych  $0 < \alpha < 90^\circ$ .

Funkcje	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\operatorname{ctg} \alpha$
$\sin \alpha$	$\sin \alpha$	$\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
$\cos \alpha$	$\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$	$\cos \alpha$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}}$
$\operatorname{tg} \alpha$	$\frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$	$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha}$	$\operatorname{tg} \alpha$	$\frac{1}{\operatorname{ctg} \alpha}$
$\operatorname{ctg} \alpha$	$\frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sin \alpha}$	$\frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$\operatorname{ctg} \alpha$

*Dalsze związki pomiędzy funkcjami kątowymi.*

1.  $\sin (\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta \pm \cos \alpha \cdot \sin \beta$ ;  
 $\cos (\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$ ;  
 $\operatorname{tg} (\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}$ ;     $\operatorname{ctg} (\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}$ .
2.  $\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ ;     $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha =$   
 $\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha}$ ;     $\left\{ = 2 \cos^2 \alpha - 1 \right.$   
 $\operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{1}{2} (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha)$ .
3.  $\sin \frac{\alpha}{2} = \pm \frac{\sqrt{1 - \cos \alpha}}{2}$ ;     $\cos \frac{\alpha}{2} = \pm \frac{\sqrt{1 + \cos \alpha}}{2}$ ;  
 $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}}$ ;  
 $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}}$ .

$$4. \sin 3\alpha = 3 \sin \alpha \cdot \cos^2 \alpha - \sin^3 \alpha = 3 \sin \alpha - 4 \sin^3 \alpha; \\ \cos 3\alpha = \cos^3 \alpha - 3 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha = 4 \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha; \\ \operatorname{tg} 3\alpha = \frac{3 \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg}^3 \alpha}{1 - 3 \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 3\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^3 \alpha - 3 \operatorname{ctg} \alpha}{3 \operatorname{ctg}^2 \alpha - 1};$$

$$5. \sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}; \\ \sin \alpha - \sin \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha - \beta}{2}; \\ \cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}; \\ \cos \alpha - \cos \beta = -2 \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \sin \frac{\alpha - \beta}{2}; \\ \operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \pm \operatorname{ctg} \beta = \frac{\sin(\beta \pm \alpha)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta};$$

$$6. \sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) - \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta); \\ \cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} \cos(\alpha - \beta) + \frac{1}{2} \cos(\alpha + \beta); \\ \sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} \sin(\alpha + \beta) + \frac{1}{2} \sin(\alpha - \beta); \\ \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}; \quad \operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta = \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta};$$

$$7. \sin \alpha \pm \cos \alpha = \pm \sqrt{1 \pm \sin 2\alpha} = \sqrt{2} \cdot \sin(\alpha \pm 45^\circ); \\ \sin^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \cos^2 \alpha = \sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - \beta); \\ \cos^2 \alpha - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \alpha = \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos(\alpha - \beta);$$

$$8. 1 + \sin \alpha = 2 \cos^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right); \quad 1 - \sin \alpha = 2 \sin^2 \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2}\right); \\ 1 + \cos \alpha = 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}; \quad 1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}; \\ 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \frac{1}{\cos^2 \alpha}; \quad 1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = \frac{1}{\sin^2 \alpha};$$

$$9. 2 \sin^2 \alpha = 1 - \cos 2\alpha; \quad 2 \cos^2 \alpha = 1 + \cos 2\alpha; \\ 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 1 - \cos \alpha; \quad 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1 + \cos \alpha; \\ 4 \sin^3 \alpha = 3 \sin \alpha - \sin 3\alpha; \quad 4 \cos^3 \alpha = 3 \cos \alpha + \cos 3\alpha;$$

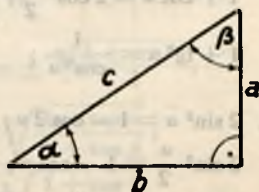


## Funkcje w trójkącie

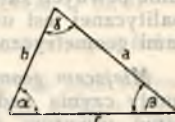
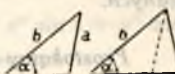
$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ;$$

1.  $\sin \alpha + \sin \beta + \sin \gamma = 4 \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\beta}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2};$
2.  $\cos \alpha + \cos \beta + \cos \gamma = 4 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} + 1;$
3.  $\sin 2\alpha + \sin 2\beta + \sin 2\gamma = 4 \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma;$
4.  $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + \sin^2 \gamma = 2 \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma + 2;$
5.  $\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \operatorname{tg} \gamma;$
6.  $\operatorname{ctg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \beta \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \operatorname{ctg} \gamma \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1;$
7.  $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} = \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}.$

Trójkąt prostokątny		
Dane	Szukane	Rozwiązanie
$a, b$	$\alpha, \beta$ $c, F$	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \beta = 90^\circ - \alpha; \operatorname{tg} \beta = \frac{b}{a}; \alpha = 90^\circ - \beta;$ $c = \frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\cos \alpha}; c = \sqrt{a^2 + b^2}; F = \frac{a \cdot b}{2};$
$a, c$	$\alpha, \beta$ $b$ $F$	$\sin \alpha = \frac{a}{c}; \beta = 90^\circ - \alpha; \cos \beta = \frac{a}{c}; \alpha = 90^\circ - \beta;$ $b = c \cdot \cos \alpha = c \cdot \sin \beta; b = \sqrt{c^2 - a^2};$ $F = \frac{a \cdot c}{2} \cdot \sin \beta; F = \frac{a}{2} \sqrt{(c+a)(c-a)};$
$a, \alpha$	$b, c$ $F$	$b = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha}; c = \frac{a}{\sin \alpha}; F = \frac{a^2}{2} \cdot \operatorname{ctg} \alpha;$
$b, \alpha$	$a, c$ $F$	$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha; c = \frac{b}{\cos \alpha};$ $F = \frac{b^2}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha;$
$c, \alpha$	$a, b$ $F$	$a = c \cdot \sin \alpha; b = c \cdot \cos \alpha;$ $F = \frac{c^2}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha =$ $= \frac{c^2}{4} \cdot \sin 2\alpha;$



## Trójkąt ukośnokątny

Dane	Szukane	Rozwiązanie	
I. $a, \beta, \gamma$ lub $a, \beta, \alpha$ lub $a, \gamma, \alpha$	$b$ $c$ $F$	$b = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin (\beta + \gamma)}$ $c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin (\beta + \gamma)}$ $F = \frac{a^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma}{2 \cdot \sin \alpha}$	
II. $a, b, \gamma$	$c$ $\alpha, \beta$ $F$	$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma}$ $\sin \alpha = \frac{a \cdot \sin \gamma}{c}; \quad \sin \beta = \frac{b \cdot \sin \gamma}{c}$ $F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$	
IIIa. $a, b, \alpha$ $a > b$	$c$ $\beta, \gamma$ $F$	$c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \alpha} = a \cdot \cos \beta + b \cdot \cos \alpha;$ $c = b \cdot \cos \alpha + \sqrt{a^2 - b^2 \cdot \sin^2 \alpha};$ $\sin \beta = \frac{b \cdot \sin \alpha}{a}; \quad \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta);$ $F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2};$	<p>Twierdzenie sinusowe (I i III):</p> $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R;$ <p><math>R</math> = promień koła opisanego na trójkącie</p> $\frac{a}{b} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \frac{b}{a} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha};$ <p>Twierdż. Carnota (II):</p> $c^2 = b^2 + a^2 - 2bc \cdot \cos \alpha;$ $a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha};$ <p>Twierdż. tangensowe (II):</p> $\frac{a-b}{a+b} \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2}} = \frac{\operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}}{\operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}};$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2} = \frac{a-b}{a+b} \operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2};$ $\frac{\alpha+\beta}{2} = \frac{180^\circ - \gamma}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2};$
IIIb. $a, b, \alpha$ $a < b$	$c$ $\beta$ $\gamma$ $F$	<p>dwa rozwiązania</p> $c = b \cdot \cos \alpha + \sqrt{a^2 - b^2 \cdot \sin^2 \alpha};$ $\cos \beta = \pm \sqrt{1 - \sin^2 \beta};$ $\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta);$ $F = \frac{a \cdot b \cdot \sin \gamma}{2} = \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2};$	
IV. $a, b, c$	$\alpha$ $\beta, \gamma$ $F$	$s = \frac{a + b + c}{2};$ $\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c};$ $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{b \cdot c}};$ $\beta \text{ jak } \alpha; \quad \gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta);$ $F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)};$	<p>Wzory połówkowe (IV):</p> $\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{b \cdot c}};$ $\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{b \cdot c}};$ $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}};$ <p>I, II, III, IV = przypadki przystawiania trójkątów.</p>

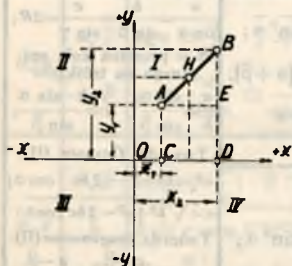
## 14. Geometria analityczna płaska

*Geometria analityczna płaska* zajmuje się utworami geometrycznymi, położonymi w płaszczyźnie i stanowiącymi odwzorowanie pewnych zależności (funkcyj) analitycznych. Istotą geometrii analitycznej jest utożsamianie związków algebraicznych z miejscami geometrycznymi.

*Miejscem geometrycznym* nazywamy linię, której wszystkie punkty czynią zadość pewnemu warunkowi (równaniu). Oznaczanie utworów geometrycznych przy pomocy równań uskuteczniamy, posługując się t. zw. prostokątnym układem współrzędnych.

*Prostokątny układ współrzędnych (układ Kartezjusza):*

$x$  — oś odciętych; a) odległość pomiędzy dwoma punktami  
 $y$  — oś rzędnych; danymi  $A(x_1, y_1)$ ,  $B(x_2, y_2)$ :



$$\overline{AB}^2 = \overline{AE}^2 + \overline{EB}^2; \quad \overline{AB} = l;$$

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2};$$

w przypadku szczególnym, kiedy jednym z punktów jest początek układu współrzędnych  $O(0, 0)$ :

$$l = \sqrt{x^2 + y^2};$$

b) współrzędne podziału odcinka danego; punkt podziału  $H(x, y)$ :

gdy  $\overline{AH} = \overline{HB}$ ;  $x = \frac{x_1 + x_2}{2}$ ;  $y = \frac{y_1 + y_2}{2}$ ;

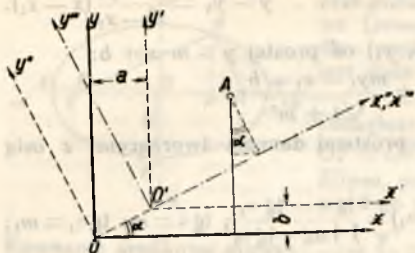
gdy  $\frac{\overline{AH}}{\overline{HB}} = \frac{m}{n} = \lambda$ ;  $\lambda = \frac{x - x_1}{x_2 - x} = \frac{y - y_1}{y_2 - y}$ ;

$$x = \frac{x_1 + \lambda x_2}{1 + \lambda}; \quad y = \frac{y_1 + \lambda y_2}{1 + \lambda};$$

c) pole  $F$  trójkąta, którego współrzędne wszystkich wierzchołków są dane  $A(x_1, y_1)$ ,  $B(x_2, y_2)$ ,  $E(x_3, y_3)$ :

$$2F = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2);$$

## Zmiana układu współrzędnych:



a) przesunięcie równoległe układu  $xOy$  do  $x'O'y'$ , przyczem  $O'(a, b)$

$$x = a + x'; \quad y = b + y';$$

b) obrót osi współrzędnych  $xOy$  do  $x''Oy''$  o kąt  $\alpha$

$$x = x'' \cos \alpha - y'' \sin \alpha;$$

$$y = x'' \sin \alpha + y'' \cos \alpha;$$

c) przesunięcie i obrót z  $xOy$  do  $x'''O'y'''$

$$x = a + x''' \cos \alpha - y''' \sin \alpha; \quad y = b + x''' \sin \alpha + y''' \cos \alpha;$$

### Linia prosta.

Miejszem geometrycznym równania 1-go stopnia o dwu niewiadomych (zmiennych) jest linia prosta.

Równanie ogólne prostej:

$$Ax + By + C = 0; \quad y = -\frac{A}{B} \cdot x - \frac{C}{B}; \quad -\frac{A}{B} = m; \quad -\frac{C}{B} = b;$$

Równanie kierunkowe prostej: . . . . .  $y = m \cdot x + b;$

Równanie prostej przechodzącej przez początek układu współrzędnych: . . . . .  $y = m \cdot x;$

Spółczynnik kierunkowy: . . . . .  $m = \frac{y}{x} = \operatorname{tg} \alpha;$

Równanie dwusiecznej układu ( $\alpha = 45^\circ; m = \operatorname{tg} \alpha = 1$ ): . . .  $y = x;$

Równanie prostej równoległej do osi odciętych: . . . . .  $y = b;$

Równanie prostej równoległej do osi rzędnych: . . . . .  $x = a;$

Równanie odcinkowe prostej (odcinającej

na osiach współrzędnych odcinki dane): . . .  $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1;$

Równanie normalne prostej:

$$\frac{p}{a} \cdot x + \frac{p}{b} \cdot y = p; \quad \frac{p}{a} = \cos \alpha; \quad \frac{p}{b} = \sin \alpha;$$

$$x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha = p;$$

Równanie prostej przechodzącej przez punkt dany  $A(x_1, y_1)$ :

$$y - y_1 = m(x - x_1);$$

Równanie prostej przechodzącej przez dwa punkty dane

$$A(x_1, y_1), B(x_2, y_2): \dots \dots \dots y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1).$$

Odległość punktu  $A(x_1, y_1)$  od prostej  $y = m \cdot x + b$ :

$$d = \pm \frac{my_1 - x_1 - b}{\sqrt{1 + m^2}};$$

Kąt  $\varphi$  między dwiema prostymi danymi, tworzącymi z osią odciętych kąty  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$ :

$$\left. \begin{array}{l} y = mx + b \\ y = m_1x + b_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg}(\alpha - \alpha_1) = \frac{\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \alpha_1}{1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}; \operatorname{tg} \alpha = m; \operatorname{tg} \alpha_1 = m_1; \\ \operatorname{tg} \varphi = \frac{m - m_1}{1 + mm_1}; \end{array}$$

gdy  $m = m_1$  proste są względem siebie równoległe,

gdy  $1 + mm_1 = 0$ , czyli  $m = -\frac{1}{m_1}$  proste są do siebie prostopadłe.

**Koło.**

Koło jest krzywą 2-go stopnia. Jest ono geometrycznie wyznaczone, jeśli znane są współrzędne jego środka  $O(a, b)$  oraz promień  $r$ .



Równanie ogólne koła:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2.$$

Równanie koła, którego:

środek leży na osi odciętych:

$$(x - a)^2 + y^2 = r^2;$$

środek leży na osi rzędnych:

$$x^2 + (y - b)^2 = r^2.$$

Równanie środkowe koła:

$$x^2 + y^2 = r^2.$$

Równanie stycznej do koła w punkcie  $N(x_1, y_1)$ :

$$(x - a)(x_1 - a) + (y - b)(y_1 - b) = r^2; \quad -\frac{x_1 - a}{y_1 - b} = m;$$

dla koła środkowego:

$$x x_1 + y y_1 = r^2, \text{ lub: } y - y_1 = -\frac{x_1}{y_1} (x - x_1); \quad -\frac{x_1}{y_1} = m$$

Równanie normalnej  $ON \perp NT$ :  $\dots \dots y - y_1 = -\frac{1}{m} (x - x_1)$ ,

czyli:  $y - y_1 = \frac{y_1 - b}{x_1 - a} (x - x_1)$ , wzgl.:  $y - y_1 = \frac{y_1}{x_1} (x - x_1)$ .

## Elipsa.

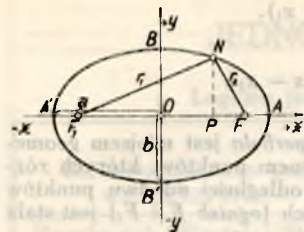
Elipsa jest miejscem geometrycznym punktów, których suma odległości (promieni wodzących  $r$  i  $r_1$ ) od dwu punktów stałych (ognisk  $F$  i  $F_1$ ) jest stała

$$r_1 + r_2 = 2a.$$

Odległość ognisk  $FF_1 = 2c$ ;

$$OF = OF_1 = \pm \sqrt{a^2 - b^2} = c.$$

Elipsa, podobnie jak koło, jest krzywą 2-go stopnia.



Równanie środkowe elipsy:  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ , czyli  $b^2 x^2 + a^2 y^2 = a^2 b^2$ .

Punkty przecięcia osi układu:

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}; \quad x = \pm \frac{a}{b} \sqrt{b^2 - y^2}.$$

Równanie stycznej w punkcie  $N(x_1, y_1)$ :  $\frac{x \cdot x_1}{a^2} + \frac{y \cdot y_1}{b^2} = 1$ .

Równanie normalnej:  $y - y_1 = \frac{a^2 y_1}{b^2 x_1} (x - x_1)$ .

## Parabola.

Parabola jest miejscem geometrycznym punktów równo odalonych od stałego punktu (ogniska  $F$ ) i od stałej prostej (kierownicy  $AD$ ). Parabola jest również krzywą 2-go stopnia.

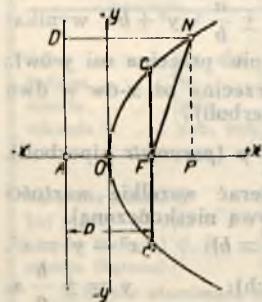
Równanie wierzchołkowe paraboli:

$$y^2 = 2px,$$

gdzie  $p$  (odległość ogniska  $F$  od kierownicy  $AD$ ) stanowi parametr paraboli.

Z równania:  $y = \pm \sqrt{2px}$  wynika:

- każdej wartości na  $x$  odpowiadają 2 wartości na  $y$  (parabola leży symetrycznie po obu stronach osi  $x$ -ów).
- $x$  nie może przybierać wartości ujemnych (parabola leży z jednej strony osi  $y$ -ów).



c) dla  $x=0$  również  $y=0$  (wierzchołek paraboli leży w początku układu współrzędnych).

d) dla  $x = \frac{p}{2}$  jest  $y = \pm p$  (cięciwa  $CC'$ , przechodząca przez ognisko  $F$  i prostopadła do osi  $x$ -ów  $= 2p$ ).

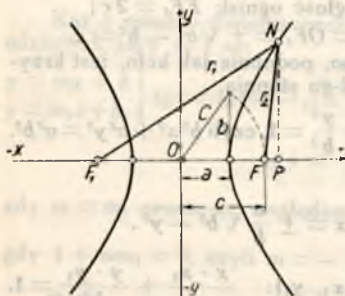
Równanie stycznej do paraboli w punkcie  $N(x_1, y_1)$ :

$$yy_1 = p(x + x_1).$$

Równanie normalnej:

$$y - y_1 = -\frac{y_1}{p}(x - x_1).$$

### Hiperbola.



*Hiperbola* jest miejscem geometrycznym punktów, których różnica odległości od dwu punktów stałych (ognisk  $F$  i  $F_1$ ) jest stała

$$r_1 - r_2 = \pm 2a.$$

*Hiperbola* składa się z dwu gałęzi symetrycznie ułożonych wzgl. osi rzędnych i ciągnących się w nieskończoność. Jej równanie

środkowe:  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$  jest

równaniem 2-go stopnia.

$a$  = odległość wierzchołka od początku układu;

$b = \sqrt{c^2 - a^2}$ ;  $2c = FF_1$  (odległość ognisk).

$c = \sqrt{a^2 + b^2}$ ;

$\frac{c}{a} = e > 1$  (*mimośród* hiperboli).

Z równania:  $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ , czyli:  $b^2 x^2 - a^2 y^2 = a^2 b^2$

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x^2 - a^2}; \quad x = \pm \frac{a}{b} \sqrt{y^2 + b^2} \text{ wynika:}$$

- dla  $x=0$  jest  $y$  urojone (hiperbola nie przecina osi  $y$ -ów);
- dla  $y=0$  jest  $x = \pm a$  (hiperbola przecina oś  $x$ -ów w dwu punktach, zwanych *wierzchołkami* hiperboli);
- dla  $x = \pm c$  jest  $y = \pm \frac{b^2}{a}$ ;  $\frac{b^2}{a} = p$  (*parametr* hiperboli).
- dla  $x \geq a$  zmienna  $y$  może przybierać wszelkie wartości od  $-\infty$  do  $+\infty$  (hiperbola jest krzywą nieskończoną).

Równanie hiperboli równobocznej ( $a = b$ ):  $x^2 - y^2 = a^2$ .

Równanie *asymptot* (ledwoniestycznych):  $y = \pm \frac{b}{a} x$ .

Równanie stycznej do hiperboli w punkcie  $N(x_1, y_1)$ :

$$\frac{x x_1}{a^2} - \frac{y y_1}{b^2} = 1.$$

Równanie normalnej:  $y - y_1 = -\frac{a^2 y_1}{b^2 x_1}(x - x_1)$ .

## JEDNOSTKI MIAR

1. Legalne jednostki miar wg.  $\frac{PN}{0-110}$ 

*Przedrostki*  
do tworzenia nazw jednostek wtórnych (etymologicznie)  
WIELOKROTNYCH PODWIELOKROTNYCH

Przedrostek	Wartość	Skrót	Przedrostek	Wartość	Skrót
giga . . .	10 <sup>9</sup>	G	decy . . .	10 <sup>-1</sup>	dc
mega . . .	10 <sup>6</sup>	M	centy (cent)	10 <sup>-2</sup>	c
mirja . . .	10 <sup>4</sup>	mr	mili . . .	10 <sup>-3</sup>	m
kilo . . .	10 <sup>3</sup>	k	mikro . . .	10 <sup>-6</sup>	μ
hekto . . .	10 <sup>2</sup>	h	nano . . .	10 <sup>-9</sup>	n
deka . . .	10	dk			

## JEDNOSTKI

Wymienione są w tym wykazie jednostki etymologicznie główne (podane drukiem tłustym) i jednostki pochodne najbardziej upowszechnione. Prócz nich mogą być używane jednostki wtórne, utworzone przez dodanie przedrostka z tablicy przedrostków do którejkolwiek z jednostek podanych drukiem tłustym. Wreszcie do mierzenia wielkości, wymienionych w punktach 7  $\frac{1}{2}$  - 10, 12 i 14  $\frac{1}{2}$  - 20, można używać jednostek pochodnych — funkcji jednostek, wyliczonych w punktach 1  $\frac{1}{2}$  - 6, 11 i 13 lub funkcji dopuszczalnych jednostek wtórnych tychże klas. Np. P/h; l/sec; kg/l.

Nazwa	Skrót <sup>1)</sup>	Wartość	
		w układzie C. G. S. <sup>2)</sup>	w układzie technicznym <sup>3)</sup>

## 1. Czas

doła . . . . .	<b>ds, dn</b>	8,64 · 10 <sup>4</sup> sec	8,640 · 10 <sup>4</sup> sec
godzina . . . . .	<b>h</b>	3,6 · 10 <sup>3</sup> sec	3,600 · 10 <sup>3</sup> sec
minuta . . . . .	<b>min</b>	6 · 10 sec	6 · 10 sec
sekunda . . . . .	<b>sec, sek</b>	1 sec	1 sec

## 2. Kąt płaski

kąt pełny (obrót) <b>P</b>	6,283 19 rd	1 P
kąt prosty . . . <b>D</b>	1,570 80 rd	2,500 · 10 <sup>-1</sup> P
stopień (kątowy) <b>d, °</b>	1,745 33 · 10 <sup>-2</sup> rd	2,778 · 10 <sup>-3</sup> P
minuta (kątowna) <b>'</b>	2,908 88 · 10 <sup>-4</sup> rd	4,630 · 10 <sup>-5</sup> P

1) Skróty niezalecane zostały ujęte w nawias, np.: (Atm).

2) Podstawowymi jednostkami układu C. G. S. są centymetr, gram-masa, sekunda, określone: pierwsze dwie przez prototypy międzynarodowe metra i kilograma, ostatnia przez równomierny obrót ziemi dookoła swej osi i dookoła słońca. To samo odnosi się do układu M. T. S. (urzędowy francuski).

3) Podstawowymi jednostkami układu technicznego są metr, kilogram-siła i sekunda. Kilogram-siła jest siłą, jaką wywiera na swą podstawę masa 1 kg w przestrzeni bezpowietrznej w miejscu, w którym przyspieszenie siły ciężkości wynosi 980,665 cm/sec<sup>-2</sup>.



Nazwa	Skrót	Wartość	
		w układzie C. G. S.	w układzie technicznym
sek. (kątowna) . . .	"	4,848 14 · 10 <sup>-6</sup> rd	7,716 · 10 <sup>-7</sup> P
gradus ( <sup>1</sup> / <sub>100</sub> kąta prostego)	cD	1,570 80 · 10 <sup>-2</sup> rd	2,500 · 10 <sup>-3</sup> P
radjan . . . . .	rd	1 cm <sup>0</sup>	1,592 · 10 <sup>-1</sup> P
<b>3. Kąt bryłowy</b>			
kąt sferyczny pełny . . . . .		1,256 64 · 10 srd	1 kąt sferycz. pełny
stopień kwadratowy	d <sup>2</sup>	3,046 17 · 10 <sup>-4</sup> srd	2,424 · 10 <sup>-5</sup> kąt sf. p.
gradus kwadratowy	cD <sup>2</sup>	2,467 40 · 10 <sup>-4</sup> srd	1,963 · 10 <sup>-5</sup> kąt sf. p.
steradian . . . . .	srd	1 cm <sup>0</sup>	7,958 · 10 <sup>-2</sup> kąt sf. p.
<b>4. Długość</b>			
metr . . . . .	m	1 · 10 <sup>2</sup> cm	1 m
mikron . . . . .	μ	1 · 10 <sup>-4</sup> cm	1 · 10 <sup>-6</sup> m
<b>5. Pole (powierzchnia)</b>			
ar, dekametr kwadratowy	a, dkm <sup>2</sup>	1 · 10 <sup>6</sup> cm <sup>2</sup>	1 · 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>
centnar, metr kwadratowy	ca, m <sup>2</sup>	1 · 10 <sup>4</sup> cm <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>
<b>6. Objętość</b>			
ster, metr sześcienny . . . . .	s, m <sup>3</sup>	1 · 10 <sup>6</sup> cm <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
litr (kwarta)	l	1 000,027 cm <sup>3</sup>	1 · 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
<b>7. Szybkość linjowa</b>			
kilometr na godzinę	km/h	2,777 78 · 10 cm · sec <sup>-1</sup>	2,778 · 10 <sup>-1</sup> m · sec <sup>-1</sup>
metr na sekundę	m/sec	1 · 10 <sup>2</sup> cm · sec <sup>-1</sup>	1 m · sec <sup>-1</sup>
centymetr na sekundę	cm/sec	1 cm · sec <sup>-1</sup>	1 · 10 <sup>-2</sup> m · sec <sup>-1</sup>
<b>8. Przyspieszenie linjowe</b>			
kilometr na godzinę na sekundę	km/h · sec	2,777 79 10 cm · sec <sup>-2</sup>	2,778 · 10 <sup>-1</sup> m · sec <sup>-2</sup>
metr na sekundę do kwadratu . . . . .	m/sec <sup>2</sup>	1 · 10 <sup>2</sup> cm · sec <sup>-2</sup>	1 m · sec <sup>-2</sup>
centymetr na sekundę do kwadr.	cm/sec <sup>2</sup>	1 cm · sec <sup>-2</sup>	1 · 10 <sup>-2</sup> m · sec <sup>-2</sup>
<b>9. Szybkość kątowna</b>			
obrót na minutę	P/min	1,047 20 · 10 <sup>-1</sup> rd · sec <sup>-1</sup>	1,667 · 10 <sup>-2</sup> P · sec <sup>-1</sup>
radjan na sek.	rd/sec	1 rd · sec <sup>-1</sup>	1,592 · 10 <sup>-1</sup> P · sec <sup>-1</sup>

Nazwa	Skrót	Wartość	
		w układzie C. G. S.	w układzie technicznym

### 10. Przyspieszenie kątowe

obrót na minutę na sekundę	P/min · sec	1,047 20 · 10 <sup>-1</sup>	rd · sec <sup>-2</sup>	1,667 · 10 <sup>-2</sup>	P · sec <sup>-2</sup>
radjan na sek. do kwadratu	rd/sec <sup>2</sup>	1	rd · sec <sup>-2</sup>	1,592 · 10 <sup>-1</sup>	P · sec <sup>-2</sup>

### 11. Masa

tonna	t	1	· 10 <sup>-6</sup> g	1,020 · 10 <sup>2</sup>	kG · sec <sup>2</sup> · m <sup>-1</sup>
kwintal	kwn, q	1	· 10 <sup>-5</sup> g	1,020 · 10	kG sec <sup>2</sup> · m <sup>-1</sup>
gram	g <sup>1)</sup>	1	g	1,020 · 10 <sup>-4</sup>	kG · sec <sup>2</sup> · m <sup>-1</sup>

### 12. Masa właściwa (gęstość)

gram na mililitr	g/ml	9,999 73	10 <sup>-1</sup> g · cm <sup>-3</sup>	1,020 · 10 <sup>2</sup>	kG · sec <sup>2</sup> · m <sup>-4</sup>
------------------	------	----------	---------------------------------------	-------------------------	---

### 13. Siła

tonna-siła <sup>5)</sup>	MG, (T, t)	9,806 65 · 10 <sup>8</sup>	dn	1	· 10 <sup>3</sup> kG
kilogram-siła <sup>5)</sup>	kG, (kg)	9,806 65 · 10 <sup>5</sup>	dn	1	kG
gram-siła <sup>5)</sup>	G, (g)	9,806 65 · 10 <sup>2</sup>	dn	1	· 10 <sup>-3</sup> kG
sten	sn	1	· 10 <sup>8</sup> dn	1,020 · 10 <sup>2</sup>	kG
dyna	dn	1	cm · g · sec <sup>-2</sup>	1,020 · 10 <sup>-6</sup>	kG

### 14. Natężenie przepływu objętościowe

ster na godzinę	s/h	2,77778 · 10 <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup> · sec <sup>-1</sup>	2,778 · 10 <sup>-4</sup>	m <sup>3</sup> · sec <sup>-1</sup>
cm <sup>3</sup> na sekundę	cm <sup>3</sup> /sec	1	cm <sup>3</sup> · sec <sup>-1</sup>	1	· 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> · sec <sup>-1</sup>

### 15. Natężenie przepływu masowe

kilogram na sek.	kg/sec	1	· 10 <sup>3</sup> g · sec <sup>-1</sup>	1,020 · 10 <sup>-1</sup>	kG · sec · m <sup>-1</sup>
gram na sek.	g/sec	1	g · sec <sup>-1</sup>	1,020 · 10 <sup>-4</sup>	kG · sec · m <sup>-1</sup>

### 16. Obciążenie właściwe linjowe

kilogram-siła na metr	kG/m	9,806 65 · 10 <sup>3</sup>	dn · cm <sup>-1</sup>	1	kG · m <sup>-1</sup>
-----------------------	------	----------------------------	-----------------------	---	----------------------

### 17. Obciążenie właściwe powierzchniowe.

#### Ciśnienie, Naprężenie

kg.-siła na mm <sup>2</sup>	kG/mm <sup>2</sup>	9,806 65 · 10 <sup>7</sup>	b	1	· 10 <sup>6</sup> kG · m <sup>-2</sup>
atmosfera techniczna (kg.-siła na cm <sup>2</sup> )	at <sup>6)</sup> kG/cm <sup>2</sup>	9,806 65 · 10 <sup>5</sup>	b	1	· 10 <sup>4</sup> kG · m <sup>-2</sup>
atmosfera fizyczna (760 mm Hg <sup>6)</sup> )	(Atm)	1,013 25 · 10 <sup>6</sup>	b	1,033 · 10 <sup>4</sup>	kG · m <sup>-2</sup>

<sup>4)</sup> W wypadku, gdy chodzi o odróżnienie grama-masy od grama-siły, wyrażamy skrótem G siłę, jaką wywiera na swą podstawę ciało o masie grama w normalnych warunkach ciężkości, wymienionych pod <sup>3)</sup>. Skróty wtórnych jednostek w tym wypadku tworzy się według ogólnej reguły, np.: kG (kilo-gram-siła), MG (tonna-siła).

<sup>5)</sup> W tonna, kilogram i gram można opuszczać dopowiedzenie siła.

<sup>6)</sup> Ciśnienie względne (nadcisnienie) oznacza się w razie potrzeby literą n, ciśnienie bezwzględne literą a. Litery te stawia się po oznaczeniu jednostki, np.: atn, ata.

Nazwa	Skrót	Wartość	
		w układzie C. G. S.	w układzie technicznym
ciśnienie 1 mm słupa rtęci (0 C)	mm Hg	1,333 22 · 10 <sup>3</sup> b	1,360 · 10 kG · m <sup>-2</sup>
ciśnienie 1 mm słupa wody (4 C)	mm H <sub>2</sub> O	9,806 38 · 10 b	1 kG · m <sup>-2</sup>
piez . . . . .	pz	1 · 10 <sup>4</sup> b	1,020 · 10 <sup>2</sup> kG · m <sup>-2</sup>
bar . . . . .		1 · 10 <sup>6</sup> b	1,020 · 10 <sup>4</sup> kG · m <sup>-2</sup>
barja . . . . .	b	1 dn · cm <sup>-2</sup>	1,020 · 10 <sup>-2</sup> kG · m <sup>-2</sup>
<b>13. Ciężar właściwy</b>			
gram-siła na cm <sup>3</sup>	G/cm <sup>3</sup>	9,806 65 · 10 <sup>2</sup> dn · cm <sup>-3</sup>	1 · 10 <sup>3</sup> kG · m <sup>-3</sup>
kilogram-siła na ster . . . . .	kG/s	9,806 65 · 10 <sup>-1</sup> dn · cm <sup>-3</sup>	1 kG · m <sup>-3</sup>
<b>19. Praca. Energia. Ciepło</b>			
kilogramometr .	kGm	9,806 65 · 10 <sup>7</sup> e	1 kG · m
koniogodzina	KMh, HP h	2,647 82 · 10 <sup>13</sup> e	2,700 · 10 <sup>5</sup> kG · m
kilowatogodzina	kW h	3,6 · 10 <sup>13</sup> e	3,671 · 10 <sup>5</sup> kG · m
kaloria (15 C) .	cal	4,185 · 10 <sup>7</sup> e	4,269 · 16 <sup>-1</sup> kG · m
kilokaloria (15C)	kcal	4,185 · 10 <sup>10</sup> e	4,269 · 10 <sup>2</sup> kG · m
watosekunda (abs) . . . . .	Wsec	1 · 10 <sup>7</sup> e	1,020 · 10 <sup>-1</sup> kG · m
dżul (abs) . . .	J	1 · 10 <sup>7</sup> e	1,020 · 10 <sup>-1</sup> kG · m
dżul (między- narodowy) (v)	J	1,000 32 · 10 <sup>7</sup> e	1,020 · 10 <sup>-1</sup> kG · m
erg (abs) . . . .	e	1 dn · cm	1,020 · 10 <sup>-8</sup> kG · m
<b>20. Moc</b>			
koń mecha- niczny . . . . .	KM, HP	7,354 99 · 10 <sup>2</sup> W	7,500 · 10 kG · m · sec <sup>-1</sup>
kilogramometr na sekundę . . .	kG m/sec	9,806 65 W	1 kG · m · sec <sup>-1</sup>
wat (między- narodowy) (v)	W	1,000 32 W	1,020 · 10 <sup>-1</sup> kG · m · sec <sup>-1</sup>
wat (abs) . . . .	W	1 · 10 <sup>7</sup> e · sec <sup>-1</sup>	1,020 · 10 <sup>-1</sup> kG · m · sec <sup>-1</sup>
Nazwa		Skrót	Wartość
<b>21. Temperatura</b>			
stopień (temperatury) . . . . .		C, °	1 C
<b>22. Strumień świetlny</b>			
lumen . . . . .		lum	1 lum
<b>23. Światłość w określonym kierunku</b>			
świeca międzynarodowa (dziesiątna) . . .		bd	1 lum · srd <sup>-1</sup>
<b>24. Jasność</b>			
luks . . . . .		lux	1 lum · m <sup>-2</sup>
<b>25. Jaskrawość</b>			
lambert . . . . .		la	1 bd · cm <sup>-2</sup>

## 2. Tabele zamiany cala angielskiego na milimetry

**Tablica przeliczeń długości**  
wyrażonych w calach angielskich na milimetry  
wł.  $\frac{PN}{o-308}$  oraz  $\frac{PN}{o-309}$  ( $1'' = 25,4 \text{ mm}$ )

cale	milimetry	cale	milimetry	cale	milimetry	cale	milimetry
$\frac{1}{64}$	0,396875	$\frac{33}{64}$	13,09688	$\frac{1}{32}$	0,793750	0,001	0,0254
$\frac{3}{64}$	1,190625	$\frac{35}{64}$	13,89063	$\frac{3}{32}$	2,381250	0,002	0,0508
$\frac{5}{64}$	1,984375	$\frac{37}{64}$	14,68438	$\frac{5}{32}$	3,968750	0,005	0,1270
$\frac{7}{64}$	2,778125	$\frac{39}{64}$	15,47813	$\frac{7}{32}$	5,556250	0,01	0,254
$\frac{9}{64}$	3,571875	$\frac{41}{64}$	16,27188	$\frac{9}{32}$	7,143750	0,02	0,508
$\frac{11}{64}$	4,365625	$\frac{43}{64}$	17,06563	$\frac{11}{32}$	8,731250	0,05	1,270
$\frac{13}{64}$	5,159375	$\frac{45}{64}$	17,85938	$\frac{13}{32}$	10,31875	0,1	2,540
$\frac{15}{64}$	5,953125	$\frac{47}{64}$	18,65313	$\frac{15}{32}$	11,90625	0,2	5,080
$\frac{17}{64}$	6,746875	$\frac{49}{64}$	19,44688	$\frac{17}{32}$	13,49375	0,3	7,620
$\frac{19}{64}$	7,540625	$\frac{51}{64}$	20,24063	$\frac{19}{32}$	15,08125	0,4	10,16
$\frac{21}{64}$	8,334375	$\frac{53}{64}$	21,03438	$\frac{21}{32}$	16,66875	0,5	12,70
$\frac{23}{64}$	9,128125	$\frac{55}{64}$	21,82813	$\frac{23}{32}$	18,25625	0,6	15,24
$\frac{25}{64}$	9,921875	$\frac{57}{64}$	22,62188	$\frac{25}{32}$	19,84375	0,7	17,78
$\frac{27}{64}$	10,71563	$\frac{59}{64}$	23,41563	$\frac{27}{32}$	21,43125	0,8	20,32
$\frac{29}{64}$	11,50938	$\frac{61}{64}$	24,20938	$\frac{29}{32}$	23,01875	0,9	22,86
$\frac{31}{64}$	12,30313	$\frac{63}{64}$	25,00313	$\frac{31}{32}$	24,60625	1,0	25,40

**Tablica warsztatowa przeliczeń**

$1'' = 25,4 \text{ mm}$   
Milimetry

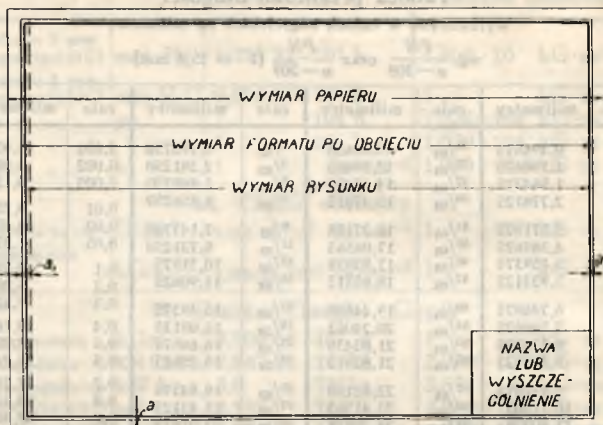
cale	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,000	25,40	50,80	76,20	101,6	127,0	152,4	177,8	203,2
$\frac{1}{10}$	1,588	26,99	52,39	77,79	103,2	128,6	154,0	179,4	204,8
$\frac{1}{8}$	3,175	28,58	53,98	79,38	104,8	130,2	155,6	181,0	206,4
$\frac{3}{10}$	4,763	30,16	55,57	80,97	106,4	131,8	157,2	182,6	208,0
$\frac{1}{4}$	6,350	31,75	57,15	82,55	108,0	133,4	158,8	184,2	209,6
$\frac{5}{10}$	7,938	33,34	58,74	84,14	109,5	134,9	160,3	185,7	211,2
$\frac{3}{8}$	9,525	34,93	60,33	85,73	111,1	136,5	161,9	187,3	212,7
$\frac{7}{10}$	11,11	36,51	61,92	87,32	112,7	138,1	163,5	188,9	214,3
$\frac{1}{2}$	12,70	38,10	63,50	88,90	114,3	139,7	165,1	190,5	215,9
$\frac{9}{10}$	14,29	39,69	65,09	90,49	115,9	141,3	166,7	192,1	217,5
$\frac{5}{8}$	15,88	41,28	66,68	92,08	117,5	142,9	168,3	193,7	219,1
$\frac{11}{10}$	17,46	42,86	68,27	93,67	119,1	144,5	169,9	195,3	220,7
$\frac{3}{4}$	19,05	44,45	69,85	95,25	120,7	146,1	171,5	196,9	222,3
$\frac{13}{10}$	20,64	46,04	71,44	96,84	122,2	147,6	173,0	198,4	223,9
$\frac{7}{8}$	22,23	47,63	73,03	98,43	123,8	149,2	174,6	200,0	225,4
$\frac{15}{16}$	23,81	49,21	74,62	100,0	125,4	150,8	176,2	201,6	227,0

U w a g a : Wobec przyjęcia przez Komitety Normalizacyjne Anglii i Stanów Zjednoczonych temperatury odniesienia przy pomiarach warsztatowych dla cala=20°  
 $1 \text{ m} = 39,370113 \text{ cali}$   $1'' = 25,399978 \text{ mm}$

Na mocy porozumienia międzynarodowego dla pomiarów warsztatowych przyjmuje się:

$$1'' = 25,4 \text{ mm, skąd } 1 \text{ mm} = \frac{1''}{25,4} = 0,039\ 370\ 078\ 740''.$$

### 3. Formaty papieru wg. PN 501



\*) Wyszczególnienie może być albo na samym rysunku, albo na osobnym arkuszu; w tym wypadku nazwę rysunku umieszcza się w miejscu przeznaczonym na wyszczególnienie.

Oznaczenie formatów	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7
	M i l i m e t r y							
Wymiary papieru . . .	880×1230	625×880	440×625	350×440	240×330	165×240	120×165	90×120
Wymiary po obcięciu . . .	840×1188	594×840	420×594	297×420	210×297	148×210	105×148	74×105
Wielkość obrzeży a	10	10	10	10	5	5	5	5

Oznaczenie formatu	B 0	B 1	B 2	B 3	B 4
	M i l i m e t r y				
Wymiary papieru . . .	1050×1470	750×1050	525×730	380×525	262×370
Wymiary formatów po obcięciu . . .	1000×1414	707×1000	500×707	353×500	250×353
Wielkość obrzeży a	10	10	10	10	5

Zaleca się przedewszystkiem szereg A.

$a_1 = 25$  mm stosuje się w wypadku przechowywania rys. w skoroszytach.

Wymiary podane w tablicy należy uważać za największe, odchylenia są dopuszczalne tylko w kierunku zmniejszenia formatu.

Stosunek boków arkuszy wszystkich formatów jest  $1 : \sqrt{2}$ , czyli równy jest stosunkowi boku kwadratu do jego przekątnej.

Podstawą formatu jest arkusz  $1 \text{ m}^2 = 840 \times 1188$ . Formaty jednego szeregu otrzymuje się przez dzielenie na połowy, ćwiartki, ósemki i t. d. największego arkusza. Format A 4 jest formatem listowym. A 6 — jako format kieszonkowy — jest najmniejszym formatem rys. technicznych. A 7 — używa się na kartki do kartotek.

**ZAKŁADY  
KARTO- i PLANOGRAFICZNE**

**KONRAD ROZYNEK**

**POZNAŃ, BR. PIERACKIEGO 14 I PIĘTRO**

Reprodukcje z planów, map,  
rysunków itd. jedno- i wielobarwne

**Światłokopie - Cynkodruki  
Litografia i Czcionkodruk**

**OSOBNIE DZIAŁY:**

**KARTOGRAFIA  
SZTYCHARNIA NUT  
WYDAWNICTWA MUZYCZNE**

**BIURO PRZYJĘĆ:**

**POZNAŃ, ULICA BR. PIERACKIEGO 14**  
TELEFON 37 27                      TELEFON 37 27

**ZAKŁADY GŁÓWNE:**

**POZNAŃ, ULICA MYLNA 20 — JEŻYCE**  
TELEFON 66 09                      TELEFON 66 09

**SOSNOWIECKA FABRYKA ARMATUR  
I ODLEWNIA BRONZÓW FOSFOROWYCH**

# **ST. KRAUPE**

**SOSNOWIEC, SKRZ. POCZT. 42**

**Produkuje ARMATURĘ do pary, wody i gazu  
pg. Norm Polskiego Komitetu Normalizacyjnego,**

**j a k:**

**ZASUWY** wodociągowe z połączeniami kielichowymi  
lub kołnierzowymi,

**HYDRANTY** podziemne i nadziemne,

**ZDROJE** czerpalne i czerpalno - przeciwpożarowe,

**STOJAKI** czerpalne do hydrantów podziemnych,

**ODPOWIETRZNIKI,**

**ZAWORY I ZASUWY** do pary nasyconej i prze-  
grzanej, żeliwne i ze stali, lanej z pieca  
elektrycznego, z uzbrojeniem z metalu Monel,  
lub z nierdzewiejącej stali chromoniklowej,

**WODOODDZIELACZE I ODWADNIACZE,**

**ZAWORY REDUKCYJNE,**

**ZAWORY BEZPIECZEŃSTWA**

**ZAWORY WYDECHOWE,** przelewowe i pływakowe,

**WODOSKAZY I PŁYNOWSKAZY** do benzyny,  
benzolu, gazolu i innych cieczy

**O R A Z** probiercze **POMPY HYDRAULICZNE**  
i ARMATURĘ do najwyższych ciśnień

## TABLICE FIZYCZNE

## 1. Oznaczanie najważniejszych wielkości fizycznych wg. PN 0-113

	Oznaczenie
1. Czas . . . . .	t, T, ( $\theta$ , $\vartheta$ , $\tau$ )
2. Kąt płaski	
Kąt płaski . . . . .	$\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$
Kąt przesunięcia faz . . . . .	$\varphi$
3. Kąt bryłowy . . . . .	$\omega$
4. Długość	
Długość . . . . .	l, L
Długość fali . . . . .	$\lambda$
Promień . . . . .	R, r, $\rho$
Promień hydrauliczny . . . . .	$\rho$
Średnica . . . . .	D, d
Wysokość . . . . .	H, h
Długość drogi . . . . .	s
5. Pole	
Pole, powierzchnia przekroju . . . . .	F, A, s
6. Objętość . . . . .	v, V
7. Szybkość (prędkość)	
Szybkość linjowa . . . . .	v, w, u, c
Częstotliwość (liczba drgań w jednostce czasu)	f
8. Przyspieszenie linjowe	
Przyspieszenie linjowe ogólne . . . . .	a
Przyspieszenie siły ciężkości . . . . .	g
9. Szybkość kątowna	
Szybkość kątowna . . . . .	$\omega$
Liczba obrotów w jednostce czasu . . . . .	n
Częstotliwość kątowna . . . . .	$\omega$
10. Przyspieszenie kątowne . . . . .	$\epsilon$
11. Masa	
Masa . . . . .	m
Ciężar atomowy . . . . .	A
Ciężar molekularny . . . . .	M



		Oznaczenie
<b>12. Gęstość</b>		
	Gęstość . . . . .	$\rho, \mu$
	Wartościowość chemiczna . . . . .	n
	Stężenie chemiczne np. kwasu . . . . .	n
<b>13. Siła</b>		
	Siła . . . . .	F, P
	Ciężar . . . . .	G
<b>14. Natężenie przepływu objętościowe</b>		Q
<b>15. Natężenie przepływu masowe</b>		$Q_m$
<b>16. Obciążenie właściwe linjowe</b>		
	Ciężar (obciążenie) na jednostkę długości . . . . .	q
<b>17. Obciążenie właściwe powierzchni, Ciśnienie</b>		
	Obciążenie jednostkowe powierzchni . . . . .	p
	Ciśnienie barometryczne . . . . .	b
	Naprężenie normalne . . . . .	$\sigma$
	Naprężenie styczne . . . . .	$\tau$
<b>18. Ciężar właściwy</b>		$\gamma$
<b>19. Praca, Ciepło</b>		
	Praca . . . . .	A, L
	Energja . . . . .	E, U, W
	Ciepło . . . . .	Q
	Entropja . . . . .	S
	Ciepło właściwe . . . . .	c
	Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu . . . . .	$c_p$
	Ciepło właściwe przy stałej objętości . . . . .	$c_v$
<b>20. Moc</b>		
	Moc . . . . .	P, N
	Sprawność . . . . .	$\eta$
<b>21. Temperatura</b>		
	Temperatura względna . . . . .	t, ( $\tau, \theta, \vartheta$ )
	Temperatura bezwzględna . . . . .	T
<b>22. Strumień świetlny</b>		F
<b>23. Światłość</b>		I
<b>24. Jasność</b>		E
<b>25. Jaskrawość</b>		B
	Odległość ogniskowa . . . . .	f
	Spółczynnik załamania światła . . . . .	n

**2. Ciężar właściwy wody  $\gamma_w$  G/ml  
w zależności od temperatury**

t° C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0	0,999868	874	881	887	893	899	905	911	916	922
1	927	932	936	941	945	950	954	957	961	965
2	968	971	974	977	980	982	985	987	989	991
3	992	994	995	996	997	998	999	999	000	000
4	1,000000	000	000	999	999	998	997	996	995	993
5	0,999992	990	988	986	984	982	979	977	974	971
6	968	965	962	958	954	951	947	943	938	934
7	929	925	920	915	910	904	899	893	888	882
8	876	870	864	857	851	844	837	830	823	816
9	808	801	793	785	778	769	761	753	744	736
10	727	718	709	700	691	681	672	662	652	642
11	632	622	612	601	591	580	569	558	547	536
12	525	513	502	490	478	466	454	442	429	417
13	404	391	379	366	353	339	326	312	299	285
14	271	257	243	229	215	200	186	171	156	141
15	126	111	096	081	065	050	034	018	002	986
16	0,998970	953	937	920	904	887	870	853	836	819
17	801	784	766	749	731	713	695	677	659	640
18	622	603	585	566	547	528	509	490	471	451
19	432	412	392	372	352	332	312	292	271	251
20	230	210	189	168	147	126	105	083	062	040
21	019	997	975	953	931	909	887	864	842	819
22	0,997797	774	751	728	705	682	659	635	612	588
23	565	541	517	493	469	445	421	396	372	347
24	323	298	273	248	223	198	173	147	122	096
25	071	045	019	994	968	941	915	889	863	836
26	0,996810	783	756	730	703	676	648	621	594	567
27	539	512	484	456	428	400	372	344	316	288
28	259	231	202	174	145	116	087	058	029	000
29	0,995971	941	912	882	853	823	793	763	733	703
30	673	643	613	582	552	521	491	460	429	398

*Uwaga:* Kreski poziom: nad ostatnią cyfrą oznaczają, iż dana liczba została zaokrąglona wzwyż.

### 3. Ciężar właściwy rtęci $\gamma_{rt}$ G/ml w zależności od temperatury

t° C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0	13,5955	,5930	,5905	,5880	,5856	,5831	,5806	,5782	,5757	,5732
10	,5708	,5683	,5658	,5634	,5609	,5584	,5560	,5535	,5511	,5486
20	,5461	,5437	,5412	,5388	,5363	,5339	,5314	,5290	,5265	,5241
30	,5216	,5191	,5167	,5142	,5118	,5094	,5069	,5045	,5020	,4996

### 4. Ciężary właściwe ciał Ciała stałe w G/cm<sup>3</sup> (ciężar wł. wody przy 4° C = 1).

	C. wł.	Drzewo:	C. wł.	
			wysuszone	świeże
Agat . . . . .	2,5—2,8	akacja . . . . .	0,55—0,8	0,75—1,00
Alabaster . . . . .	2,3—2,8	brzoza . . . . .	0,51—0,77	0,8—1,1
Alun . . . . .	1,71	buk . . . . .	0,66—0,83	0,85—1,12
Antracyt . . . . .	1,4—1,7	cedr . . . . .	0,57	—
Antymon . . . . .	6,7	dąb . . . . .	0,7—1,0	0,93—1,3
Arsen . . . . .	5,7	grab . . . . .	0,62—0,82	0,9—1,25
Asfalt . . . . .	1,1—1,5	grusza . . . . .	0,61—0,73	0,95—1,1
Azbest . . . . .	2,1—2,8	heban . . . . .	1,26	—
Bar . . . . .	4,0	jabłoń . . . . .	0,66—0,84	0,95—1,25
Bazalt . . . . .	2,9	jesion . . . . .	0,57—0,94	0,7—1,15
Bawelna . . . . .	1,47—1,50	jodła . . . . .	0,37—0,75	0,75—1,2
Beton . . . . .	1,8—2,4	kasztan . . . . .	0,6	0,75—1,15
Biel ołowiowa . . . . .	6,7	klon . . . . .	0,53—0,81	0,83—1,05
Biały metal . . . . .	7,1—8,6	lipa . . . . .	0,35—0,6	0,6—0,9
Bizmut rodzimy . . . . .	9,78	mahoń . . . . .	0,55—1,05	—
„ lany . . . . .	9,82	modrzew . . . . .	0,47—0,56	0,31
Boraks . . . . .	1,75	orzech . . . . .	0,6—0,8	0,8—1,0
Bronz zwykły . . . . .	7,4—8,9	sosna . . . . .	0,31—0,76	0,4—1,1
„ fosforowy . . . . .	8,8	śliwa . . . . .	0,7—0,9	0,9—1,15
„ glinowy . . . . .	7,7	świerk . . . . .	0,35—0,6	0,4—1,05
Bursztyn . . . . .	1,0—1,1	topola . . . . .	0,4—0,6	0,6—1,05
Cegła zwykła . . . . .	1,4—1,55	wiąz . . . . .	0,56—0,82	0,8—1,2
„ szamotowa . . . . .	1,85	wierzba . . . . .	0,5—0,6	0,8
Celuloid . . . . .	1,2—1,3	wiśnia . . . . .	0,75—0,85	1,0—1,2
Cement w proszku . . . . .	1,3—1,95			
„ stwardniały . . . . .	2,7—3,1	Fbonit . . . . .		1,25—1,35
Chrom . . . . .	6,2—6,8	Fibra wulkanizowana . . . . .		1,28
Cukier . . . . .	1,61	Fosfor biały . . . . .		1,83
Cyna lana . . . . .	7,2	„ czerwony . . . . .		2,19
„ walcowana . . . . .	7,4	„ metaliczny . . . . .		2,34
Cynk ciągniony . . . . .	7,0—7,2	Glin czysty . . . . .		2,6
„ lany . . . . .	6,86	„ ciągniony . . . . .		2,7
„ walcowany . . . . .	6,95—7,15	„ kuty . . . . .		2,75
Cynober . . . . .	8,12	„ lany . . . . .		2,56
„Delta“ metal . . . . .	8,6	„ walcowany . . . . .		2,68
Diamant . . . . .	3,49—3,53	Glina chuda . . . . .		1,52
Dolomit . . . . .	2,9			

Gлина туста . . . . .	C. wł.	Porcelana . . . . .	C. wł.
Gips palony . . . . .	1,8—2,6	Potas . . . . .	2,15—2,36
„ lany . . . . .	1,81	Potaż (zwykły) . . . . .	0,87
Glejta ołow. rodzima . . . . .	0,97	Pumeks . . . . .	2,26
Grafit . . . . .	7,83—7,98	Ruda manganowa . . . . .	0,4—0,9
Granit . . . . .	1,9—2,3	Ruda żelazna . . . . .	3,46—4,1
Guma w wyrobach . . . . .	2,5—3,05	Saletra sodowa (Chile) . . . . .	3,7—3,9
Gutaperka . . . . .	1,0—2,0	„ potasowa . . . . .	2,26
Jod . . . . .	0,96—0,99	Salmiak . . . . .	1,95—2,08
Kadm . . . . .	4,95	Siarka . . . . .	1,52
Kalafonja . . . . .	8,69	„ natluszczona . . . . .	1,96—2,07
Kamień łamany . . . . .	1,07	Smola (pak) . . . . .	0,86
Kaolin (glinka porcel.) . . . . .	2,4	Soda krystaliczna . . . . .	1,02
Karbid (węgiel wapnia) . . . . .	2,2	„ żrąca 22,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> H <sub>2</sub> O . . . . .	1,07—1,10
Kauczuk . . . . .	2,26	Sód . . . . .	1,45
Klej stolarski . . . . .	0,93—0,96	Sól kuchenna (kamienna) . . . . .	2,0
Kobalt lany . . . . .	1,27	„ lane . . . . .	0,98
„ kuty . . . . .	8,71	Srebro ciągnięte . . . . .	2,28—2,41
Koks w kawałkach . . . . .	9,14	„ walcowane . . . . .	10,5—10,62
„ zbity . . . . .	0,6	Stal zlewna . . . . .	10,43—10,53
Korek . . . . .	1,25—1,4	„ szybko tnąca 5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> W . . . . .	10,5—10,6
Korund . . . . .	0,24	„ „ 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> W . . . . .	7,86
Kość . . . . .	3,9—4,0	„ tyglowa . . . . .	8,10
„ słoniowa . . . . .	1,7—2,0	Stearyna . . . . .	8,35
Krzemień . . . . .	1,87	Stront . . . . .	7,85
Kreda . . . . .	2,6—2,8	Szamet . . . . .	0,97
Krzemionka . . . . .	1,8—2,7	Szkló okienne . . . . .	2,05
Kwarc . . . . .	2,66	„ butelkowe . . . . .	1,8—2,2
Len (we włóknach) . . . . .	2,5—2,8	„ kryształowe . . . . .	2,4—2,65
Linoleum . . . . .	1,5	Szmergiel . . . . .	2,6
Lód . . . . .	1,15—1,30	Szpat polny . . . . .	2,9
Łój . . . . .	0,88—0,92	Talk . . . . .	3,5—4,0
Łójek . . . . .	0,90—0,97	Tłuszcz . . . . .	2,53—2,58
Łupek . . . . .	2,7	Torf ziemisty . . . . .	0,913
Łyzczyk (mika) . . . . .	2,6—2,8	„ smolisty . . . . .	0,92—0,94
Magnez . . . . .	2,78—3,15	Uran . . . . .	0,64
Magnezja . . . . .	1,69—1,75	Wanad . . . . .	0,84
Mąka . . . . .	3,2	Wapień . . . . .	18,7
Mangan . . . . .	0,4—0,5	Wapno wypalone . . . . .	5,5
Marmur . . . . .	7,14—7,51	„ gazosze . . . . .	1,58
Miedź lana . . . . .	2,65	Węgiel brunatny . . . . .	2,3—3,2
„ walcowana . . . . .	8,65—8,8	„ drzewny . . . . .	1,3—1,4
„ elektrolityczna . . . . .	8,82—8,95	„ kamienny . . . . .	1,2—1,5
Minja (ołowiowa) . . . . .	8,9—8,95	„ grafit . . . . .	1,45—1,7
Molibden . . . . .	8,6—9,1	„ retortowy . . . . .	1,2—1,5
Mosiądz ciągnięty . . . . .	9,0	Wetna owcza . . . . .	1,9—2,3
„ lany . . . . .	8,45—8,8	Wolfram . . . . .	1,9
„ walcowany . . . . .	8,4—8,7	Wosk pszczelny . . . . .	1,32
Mur z cegły (suchy) . . . . .	8,45—8,75	Zaprawa wap.-cement . . . . .	19,1
Nikiel ciągnięty . . . . .	1,45	Ziemia . . . . .	0,85—0,96
„ lany . . . . .	8,35—8,9	Złoto ciągnięte . . . . .	1,9
„ kuty . . . . .	8,3	„ lane . . . . .	1,35—2,0
Nowe srebro . . . . .	8,35—8,65	„ prasowane . . . . .	19,36
Ołów lany . . . . .	8,3—8,45	„ czyste . . . . .	19,25
„ walcowany . . . . .	8,3—8,45	„ drut, pręty . . . . .	19,50
Papier . . . . .	11,3	„ lanc (żeliwo) . . . . .	7,88
Parafina . . . . .	11,4	„ spawalne . . . . .	7,6—7,8
Piasek suchy . . . . .	0,7—1,15	„ zlewne (stal) . . . . .	7,25
„ wilgotny . . . . .	0,87	„ surowiec szary . . . . .	7,8—7,85
Piaskowice . . . . .	1,4—1,6	Żużel wielkopiecowy . . . . .	7,86
Platyna ciągnięta . . . . .	1,9—2,05	„ Żwir . . . . .	6,7—7,6
„ lana . . . . .	2,2—2,5	„ Żywica . . . . .	2,5—3,0
„ walcowana . . . . .	2,2—2,5		1,8—2,0
	21,3—21,6		1,07
	21,5		
	21,3—21,5		

## Ciecze

(ciężar wł. wody przy 4° C = 1).

	t° C	C. wł.		t° C	C. wł.
Aceton C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O . . .	16°	0,79	Kwas węgl. H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0°	0,94
Aldehyd C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O . . .	16°	0,80	Mleko . . . . .	15°	1,028—1,032
Alkohol amylový . . .	18°	0,81	Nafta . . . . .	15°	0,79—0,82
„ etylowy . . . . .	16°	0,79	Olej bawelny . . . . .	15°	0,93
„ metylowy . . . . .	4°	0,81	„ lniany . . . . .	15°	0,94
Anilina . . . . .	0°	1,04	„ makowy . . . . .	15°	0,92
Benzyna . . . . .	15°	0,68—0,70	„ oliwny (oliwa) . . . . .	15°	0,92
Benzol . . . . .	16°	0,881	„ palmowy . . . . .	15°	0,91
Esencja octowa . . . . .	16°	1,053	„ rycynowy . . . . .	15°	0,97
Gliceryna . . . . .	16°	1,26	„ rzepakowy . . . . .	15°	0,92
Kwas azotowy:			„ żywiczny . . . . .	15°	0,96
100°/0 HNO <sub>3</sub> . . . . .	16°	1,52	Oleje maszynowe:	20°	0,90—0,91
75°/0 HNO <sub>3</sub> . . . . .	16°	1,42	„ mineralne . . . . .	15°	0,8—1,1
50°/0 HNO <sub>3</sub> . . . . .	16°	1,315	Piwo . . . . .	12°	1,02—1,04
25°/0 HNO <sub>3</sub> . . . . .	16°	1,15	Rozczyn solny:		
Kwas siarkowy:			5°/0 NaCl . . . . .	16°	1,035
100°/0 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	16°	1,833	15°/0 NaCl . . . . .	16°	1,109
75°/0 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	16°	1,671	25°/0 NaCl . . . . .	18°	1,190
50°/0 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	16°	1,397	Rtęć . . . . .	0°	13,5955
25°/0 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	16°	1,180	Smola plynna (maz)	—	1,20
Kwas solny:			Spirytus drzewny . . . . .	0°	0,80
40°/0 HCl . . . . .	16°	1,20	Tran . . . . .	15°	0,92—0,93
30°/0 HCl . . . . .	16°	1,15	Woda amoniakalna	16°	0,88
20°/0 HCl . . . . .	16°	1,10	„ destylowana	4°	1,00
10°/0 HCl . . . . .	16°	1,05	„ morska . . . . .	15°	1,02—1,03

## Gazy

przy 0° C i 760 mm słupa rtęci

(ciężar wł. powietrza suchego = 1).

	Znak	C. wł.		Znak	C. wł.
Aceton . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	2,00	Fluorowódor . . . . .	2 HF	2,37
Acetylen . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,91	Gaz świetlny . . . . .	—	0,43
Aldehyd . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	1,53	Jod . . . . .	J <sub>2</sub>	8,72
Amoniak . . . . .	NH <sub>3</sub>	0,596	Ksylol . . . . .	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	3,67
Azot . . . . .	N <sub>2</sub>	0,967	Metan (gaz błotny)	CH <sub>4</sub>	0,555
Benzol . . . . .	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	2,69	Naftalina . . . . .	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	4,43
Bezwodnik			Para wodna . . . . .	H <sub>2</sub> O	0,623
siarkowy . . . . .	SO <sub>2</sub>	2,25	Pentan . . . . .	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,49
Bezwodnik			Powietrze . . . . .	—	1,00
węglowy . . . . .	CO <sub>2</sub>	1,529	Propan . . . . .	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,562
Brom . . . . .	Br <sub>2</sub>	5,39	Siarka . . . . .	S <sub>2</sub>	2,20
Chlor . . . . .	Cl <sub>2</sub>	2,491	Siarczek węgla . . . . .	CS <sub>2</sub>	2,65
Chlorowódor . . . . .	HCl	1,261	Siarkowódor . . . . .	H <sub>2</sub> S	1,19
Etan . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,05	Tlen . . . . .	O <sub>2</sub>	1,105
Eter . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>10</sub> O	2,56	Tlenek węgla . . . . .	CO	0,967
Etylen . . . . .	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,975	Toluol . . . . .	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	3,18

5. Wysokość prędkości  $h = \frac{v^2}{2g}$

$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m
0,05	0,0001274	1,55	0,1225	3,05	0,4742	5,10	1,326
0,10	0,0005097	1,60	0,1305	3,10	0,4899	5,20	1,378
0,15	0,001147	1,65	0,1388	3,15	0,5058	5,30	1,435
0,20	0,002039	1,70	0,1473	3,20	0,5220	5,40	1,486
0,25	0,003186	1,75	0,1561	3,25	0,5384	5,50	1,542
0,30	0,004588	1,80	0,1652	3,30	0,5551	5,60	1,599
0,35	0,006244	1,85	0,1745	3,35	0,5721	5,70	1,656
0,40	0,008156	1,90	0,1840	3,40	0,5893	5,80	1,685
0,45	0,010322	1,95	0,1938	3,45	0,6067	5,90	1,774
0,50	0,012744	2,00	0,2039	3,50	0,6244	6,00	1,835
0,55	0,015420	2,05	0,2142	3,55	0,6424	6,20	1,959
0,60	0,018351	2,10	0,2248	3,60	0,6606	6,40	2,088
0,65	0,021537	2,15	0,2356	3,65	0,6791	6,60	2,220
0,70	0,024978	2,20	0,2467	3,70	0,6978	6,80	2,357
0,75	0,028673	2,25	0,2581	3,75	0,7168	7,00	2,498
0,80	0,032624	2,30	0,2697	3,80	0,7361	7,20	2,642
0,85	0,036829	2,35	0,2815	3,85	0,7556	7,40	2,791
0,90	0,041289	2,40	0,2936	3,90	0,7753	7,60	2,944
0,95	0,046005	2,45	0,3060	3,95	0,7953	7,80	3,101
1,00	0,05097	2,50	0,3186	4,00	0,8156	8,00	3,262
1,05	0,05620	2,55	0,3315	4,10	0,8568	8,25	3,469
1,10	0,06168	2,60	0,3446	4,20	0,8991	8,50	3,683
1,15	0,06741	2,65	0,3580	4,30	0,9224	8,75	3,902
1,20	0,07340	2,70	0,3716	4,40	0,9867	9,00	4,129
1,25	0,07965	2,75	0,3855	4,50	1,0322	9,50	4,600
1,30	0,08615	2,80	0,3996	4,60	1,0785	10,0	5,097
1,35	0,09290	2,85	0,4140	4,70	1,1259	10,5	5,619
1,40	0,09991	2,90	0,4287	4,80	1,1743	11,0	6,167
1,45	0,1072	2,95	0,4434	4,90	1,2238	11,5	6,741
1,50	0,1147	3,00	0,4588	5,00	1,2744	12,0	7,339

6. Prędkość wypływu  $v = \sqrt{2gh}$

$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek	$h$ m	$v$ m/sek
0,05	0,990	1,11	4,666	1,41	5,259	1,71	5,792
0,10	1,401	1,12	4,687	1,42	5,278	1,72	5,809
0,15	1,715	1,13	4,708	1,43	5,297	1,73	5,826
0,20	1,981	1,14	4,729	1,44	5,315	1,74	5,842
0,25	2,215	1,15	4,750	1,45	5,333	1,75	5,859
0,30	2,426	1,16	4,770	1,46	5,351	1,76	5,876
0,35	2,620	1,17	4,790	1,47	5,370	1,77	5,893
0,40	2,801	1,18	4,811	1,48	5,388	1,78	5,909
0,45	2,971	1,19	4,831	1,49	5,406	1,79	5,926
0,50	3,132	1,20	4,852	1,50	5,425	1,80	5,942
0,55	3,285	1,21	4,872	1,51	5,443	1,81	5,959
0,60	3,431	1,22	4,892	1,52	5,461	1,82	5,975
0,65	3,571	1,23	4,913	1,53	5,479	1,83	5,992
0,70	3,706	1,24	4,933	1,54	5,496	1,84	6,008
0,75	3,836	1,25	4,953	1,55	5,514	1,85	6,024
0,80	3,961	1,26	4,972	1,56	5,532	1,86	6,041
0,85	4,083	1,27	4,991	1,57	5,550	1,87	6,057
0,90	4,202	1,28	5,011	1,58	5,567	1,88	6,073
0,95	4,317	1,29	5,031	1,59	5,585	1,89	6,089
1,00	4,429	1,30	5,050	1,60	5,603	1,90	6,105
1,01	4,451	1,31	5,069	1,61	5,620	1,91	6,122
1,02	4,473	1,32	5,089	1,62	5,637	1,92	6,138
1,03	4,495	1,33	5,108	1,63	5,655	1,93	6,154
1,04	4,517	1,34	5,127	1,64	5,672	1,94	6,170
1,05	4,538	1,35	5,146	1,65	5,690	1,95	6,186
1,06	4,560	1,36	5,165	1,66	5,707	1,96	6,202
1,07	4,582	1,37	5,184	1,67	5,725	1,97	6,217
1,08	4,603	1,38	5,203	1,68	5,741	1,98	6,232
1,09	4,624	1,39	5,222	1,69	5,758	1,99	6,248
1,10	4,645	1,40	5,241	1,70	5,775	2,00	6,264

7. Wartości współczynnika  $k$  w formule Bazin'a  $k = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}}$

$R_m$	$c=0,06$	$c=0,16$	$c=0,46$	$c=0,85$	$c=1,30$	$c=1,75$
0,05	68,5	50,7	28,4	18,1	12,8	9,9
0,06	69,8	52,6	30,2	19,4	13,8	10,7
0,07	70,9	54,2	31,7	20,6	14,7	11,4
0,08	71,8	55,6	33,1	21,7	15,5	12,1
0,09	72,5	56,7	34,4	22,7	16,3	12,7
0,10	73,1	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3
0,11	73,6	58,7	36,5	24,4	17,7	13,9
0,12	74,1	59,5	37,4	25,2	18,3	14,4
0,13	74,6	60,2	38,2	25,9	18,9	14,9
0,14	75,0	60,9	39,0	26,7	19,4	15,3
0,15	75,3	61,5	39,7	27,2	19,9	15,8
0,16	75,6	62,1	40,5	27,8	20,4	16,2
0,17	75,9	62,7	41,2	28,4	20,9	16,6
0,18	76,2	63,2	41,8	29,0	21,4	17,0
0,19	76,5	63,6	42,4	29,5	21,8	17,3
0,20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7
0,21	76,9	64,5	43,5	30,5	22,7	18,1
0,22	77,1	64,9	44,0	30,9	23,1	18,4
0,23	77,3	65,2	44,4	31,4	23,4	18,7
0,24	77,5	65,5	44,8	31,8	23,8	19,0
0,25	77,6	65,9	45,3	32,2	24,2	19,3
0,26	77,8	66,2	45,7	32,6	24,5	19,6
0,27	78,0	66,5	46,1	33,0	24,8	19,9
0,28	78,1	66,8	46,5	33,4	25,2	20,2
0,29	78,3	67,0	46,9	33,7	25,5	20,5
0,30	78,4	67,3	47,3	34,1	25,8	20,7
0,31	78,5	67,6	47,6	34,4	26,1	21,0
0,32	78,6	67,8	47,9	34,7	26,4	21,2
0,33	78,8	68,0	48,2	35,1	26,7	21,5
0,34	78,9	68,2	48,5	35,4	26,9	21,7



## 8. Wysokość strat energetycznych w rurociągu

$$h_s = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$l = 100 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,00018}{\sqrt{vd}}$$

<i>v</i> m/sek	Średnica wewnętrzna przewodu w mm							
	10	20	25	30	40	50	60	70
0,1	0,1310	0,0612	0,0481	0,0396	0,0291	0,0230	0,0189	0,0176
0,2	0,4894	0,2324	0,1835	0,1516	0,1122	0,0889	0,0735	0,0627
0,3	1,0690	0,5116	0,4065	0,3349	0,2482	0,1970	0,1632	0,1392
0,4	1,8596	0,8972	0,7112	0,5883	0,4367	0,3470	0,2876	0,2456
0,5	2,8674	1,3891	1,1011	0,9120	0,6777	0,5388	0,4469	0,3816
0,6	4,0923	1,9856	1,5760	1,3059	0,9709	0,7722	0,6407	0,5473
0,7	5,5326	2,6876	2,1341	1,7686	1,3161	1,0471	0,8691	0,7569
0,8	7,1773	3,4940	2,7756	2,3013	1,7132	1,3637	1,1320	0,9675
0,9	9,0423	4,4055	3,5013	2,9033	2,1625	1,7217	1,4296	1,2222
1,0	11,1115	5,4207	4,3100	3,5745	2,6632	2,1209	1,7610	1,5058
1,2	15,8838	7,7665	6,1773	5,1257	3,8205	3,0432	2,5286	2,1621
1,4	21,5006	10,5285	8,3645	6,9531	5,1854	4,1323	3,4336	2,6509
1,6	27,9531	13,7064	10,9098	9,0567	6,7569	5,3860	4,4761	3,8286
1,8	35,2537	17,3047	13,7777	11,4401	8,5367	6,8062	5,6576	4,8396
2,0	43,3695	21,3075	16,9686	14,0898	10,5192	8,3884	6,9734	5,9655
2,25	54,7172	26,9069	21,4326	17,8029	13,2921	10,6012	8,8141	7,5417
2,5	67,3520	33,1424	26,4056	21,9378	16,3840	13,0690	10,8669	9,2986
2,75	81,2827	40,0294	31,8886	26,5044	19,7974	17,7939	13,1346	11,2401
3,0	96,5269	47,5661	37,9097	31,5043	23,5364	18,7787	15,6251	13,3662
3,5	130,8742	64,5630	51,4718	42,7922	31,9693	25,5130	21,2226	18,1611
4,0	170,4604	84,1536	67,1050	55,7870	41,6975	33,2765	27,6855	23,6990
4,5	215,1720	106,2960	84,7751	70,4855	52,7249	42,0643	34,9950	29,9575
5,0	265,1389	131,0720	104,5518	86,9352	64,9944	51,8936	43,1807	36,9648

## Wysokość strat energetycznych w rurociągu

$$h_s = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$l = 100 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,02 + \frac{0,00018}{\sqrt{vd}}$$

$v$ m/sek	Średnica wewnętrzna przewodu w mm							
	75	80	90	100	200	300	400	500
0,1	0,0150	0,0140	0,0124	0,0111	0,0054	0,0036	0,0027	0,0021
0,2	0,0584	0,0546	0,0483	0,0434	0,0213	0,0141	0,0105	0,0084
0,3	0,1297	0,1214	0,1075	0,0965	0,0476	0,0315	0,0235	0,0188
0,4	0,2280	0,2142	0,1898	0,1705	0,0842	0,0558	0,0417	0,0333
0,5	0,3556	0,3329	0,2953	0,2881	0,1425	0,0946	0,0707	0,0565
0,6	0,5102	0,4776	0,4236	0,3804	0,1883	0,1250	0,0934	0,0746
0,7	0,6920	0,6480	0,5750	0,5165	0,2558	0,1698	0,1270	0,1014
0,8	0,9017	0,8446	0,7493	0,6732	0,3336	0,2215	0,1657	0,1323
0,9	1,1391	1,0668	1,0575	0,8506	0,4219	0,2800	0,2095	0,1674
1,0	1,4038	1,3148	1,2778	1,0485	0,5199	0,3454	0,2584	0,2064
1,2	2,0160	1,8882	1,6758	1,5062	0,7476	0,4967	0,3718	0,2970
1,4	2,7375	2,5648	2,2765	2,0462	1,0161	0,6753	0,5057	0,4039
1,6	3,5705	3,3446	2,9687	2,6687	1,3257	0,8813	0,6598	0,5272
1,8	4,5133	4,2279	3,7532	3,3760	1,6768	1,1148	0,8347	0,6671
2,0	5,5637	5,2122	4,2990	4,1596	2,0680	1,3751	1,0297	0,8229
2,25	7,0334	6,5932	5,8503	5,2601	2,6156	1,7396	1,3028	1,0412
2,5	8,6723	8,1243	7,2590	6,4867	3,2265	2,1460	1,6073	1,2847
2,75	10,4856	9,8225	8,7209	7,8422	3,9016	2,5957	1,9440	1,5538
3,0	12,4671	11,6805	10,3719	9,3274	4,6408	3,0877	2,3128	1,8487
3,5	16,9429	15,8754	14,0976	12,6778	6,3111	4,1993	3,1457	2,5146
4,0	22,1082	20,7142	18,3963	16,5404	8,2376	5,4819	4,1070	3,2831
4,5	27,9589	26,1870	23,2578	20,9166	10,4180	6,9333	5,1946	4,1528
5,0	34,4835	32,3060	28,6995	25,8066	12,8587	8,5584	6,4125	5,1266

9. Tablica zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu

<i>l/sek</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/sek</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>l/sek</i>
1	60	3,6	1	0,06	0,0166	1	16,66	0,277
2	120	7,2	2	0,12	0,0333	2	33,33	0,555
3	180	10,8	3	0,18	0,0500	3	50,00	0,833
4	240	14,4	4	0,24	0,0666	4	66,66	1,111
5	300	18,0	5	0,30	0,0833	5	83,33	1,388
6	360	21,6	6	0,36	0,1000	6	100,00	1,666
7	420	25,2	7	0,42	0,1166	7	116,66	1,944
8	480	28,8	8	0,48	0,1333	8	133,33	2,222
9	540	32,4	9	0,54	0,1500	9	150,00	2,500
10	600	36,0	10	0,60	0,1666	10	166,66	2,777
11	660	39,6	11	0,66	0,1833	11	183,33	3,055
12	720	43,2	12	0,72	0,2000	12	200,00	3,333
13	780	46,8	13	0,78	0,2166	13	216,66	3,611
14	840	50,4	14	0,84	0,2333	14	233,33	3,888
15	900	54,0	15	0,90	0,2500	15	250,00	4,166
16	960	57,6	16	0,96	0,2666	16	266,66	4,444
17	1020	61,2	17	1,02	0,2833	17	283,33	4,722
18	1080	64,8	18	1,08	0,3000	18	300,00	5,000
19	1140	68,4	19	1,14	0,3166	19	316,66	5,277
20	1200	72,0	20	1,20	0,3333	20	333,33	5,555
21	1260	75,6	21	1,26	0,3500	21	350,00	5,833
22	1320	79,2	22	1,32	0,3666	22	366,66	6,111
23	1380	82,8	23	1,38	0,3833	23	383,33	6,388
24	1440	86,4	24	1,44	0,4000	24	400,00	6,666
25	1500	90,0	25	1,50	0,4166	25	416,66	6,944

**Tablica zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu**

<i>l/sek</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/sek</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>l/sek</i>
26	1560	93,6	26	1,56	0,4333	26	433,33	7,222
27	1620	97,2	27	1,62	0,4500	27	450,00	7,500
28	1680	100,8	28	1,68	0,4666	28	466,66	7,777
29	1740	104,4	29	1,74	0,4833	29	483,33	8,055
30	1800	108,0	30	1,80	0,5000	30	500,00	8,333
31	1860	111,6	31	1,86	0,5166	31	516,66	8,611
32	1920	115,2	32	1,92	0,5333	32	533,33	8,888
33	1980	118,8	33	1,98	0,5500	33	550,00	9,166
34	2040	122,4	34	2,04	0,5666	34	566,66	9,444
35	2100	126,0	35	2,10	0,5833	35	583,33	9,722
36	2160	129,6	36	2,16	0,6000	36	600,00	10,000
37	2220	133,2	37	2,22	0,6166	37	616,66	10,277
38	2280	136,8	38	2,28	0,6333	38	633,33	10,555
39	2340	140,4	39	2,34	0,6500	39	650,00	10,833
40	2400	144,0	40	2,40	0,6666	40	666,66	11,111
41	2460	147,6	41	2,46	0,6833	41	683,33	11,388
42	2520	151,2	42	2,52	0,7000	42	700,00	11,666
43	2580	154,8	43	2,58	0,7166	43	716,66	11,944
44	2640	158,4	44	2,64	0,7333	44	733,33	12,222
45	2700	162,0	45	2,70	0,7500	45	750,00	12,500
46	2760	165,6	46	2,76	0,7666	46	766,66	12,777
47	2820	169,2	47	2,82	0,7833	47	783,33	13,055
48	2880	172,8	48	2,88	0,8000	48	800,00	13,333
49	2940	176,4	49	2,94	0,8166	49	816,66	13,611
50	3000	180,0	50	3,00	0,8333	50	833,33	13,888

**Tablica zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu**

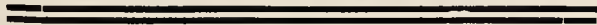
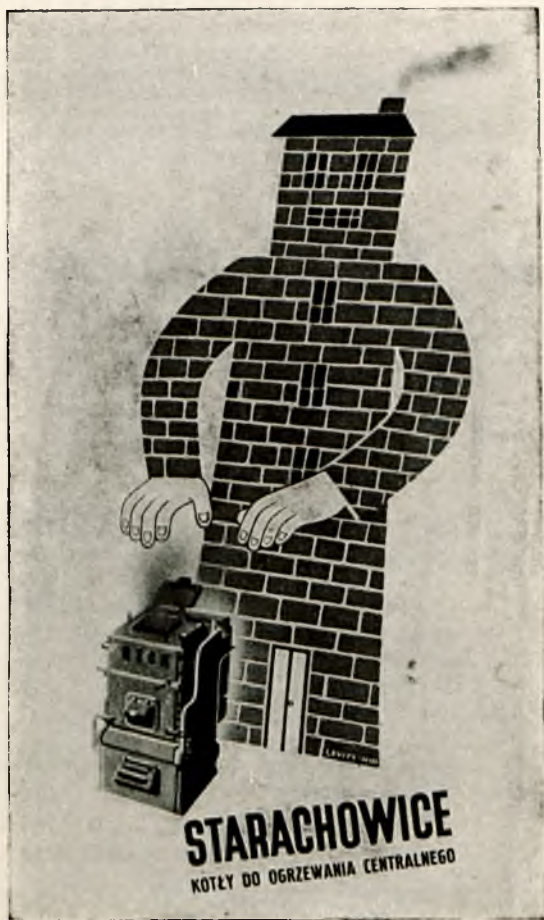
<i>l/sek</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/sek</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>l/sek</i>
55	3300	198	55	3,3	0,9167	55	916,67	15,278
60	3600	216	60	3,6	1,0000	60	1000,00	16,667
65	3900	234	65	3,9	1,0833	65	1083,33	18,056
70	4200	252	70	4,2	1,1667	70	1166,67	19,444
75	4500	270	75	4,5	1,2500	75	1250,00	20,833
80	4800	288	80	4,8	1,3333	80	1333,33	22,222
85	5100	306	85	5,1	1,4167	85	1416,67	23,611
90	5400	324	90	5,4	1 5000	90	1500,00	25,000
95	5700	342	95	5,7	1,5833	95	1583,33	26,389
100	6000	360	100	6,0	1,6667	100	1666,67	27,778
110	6600	396	110	6,6	1,8333	110	1833,33	30,556
120	7200	432	120	7,2	2,0000	120	2000,00	33,333
130	7800	468	130	7,8	2,1667	130	2166,67	36,111
140	8400	504	140	8,4	2,3333	140	2333,33	38,889
150	9000	540	150	9,0	2,5000	150	2500,00	41,667
160	9600	576	160	9,6	2,6667	160	2666,67	44,444
170	10200	612	170	10,2	2,8333	170	2833,33	47,222
180	10800	648	180	10,8	3 0000	180	3000,00	50,000
190	11400	684	190	11,4	3,1667	190	3166,67	52,778
200	12000	720	200	12,0	3,3333	200	3333,33	55,555
210	12600	756	210	12,6	3,5000	210	3500,00	58,333
220	13200	792	220	13,2	3,6667	220	3666,67	61,111
230	13800	828	230	13,8	3,8333	230	3833,33	63 889
240	14400	864	240	14,4	4,0000	240	4000,00	66,667
250	15000	900	250	15,0	4,1667	250	4166,67	69,444

**Tablica zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu**

<i>l/sek</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>s/h</i>	<i>l/sek</i>	<i>s/h</i>	<i>l/min</i>	<i>l/sek</i>
260	15600	936	260	15,6	4,3333	260	4333,33	72,222
270	16200	972	270	16,2	4,5000	270	4500,00	75,000
280	16800	1008	280	16,8	4,6667	280	4666,67	77,778
290	17400	1044	290	17,4	4,8334	290	4833,33	80,555
300	18000	1080	300	18,0	5,0000	300	5000,00	83,333
320	19200	1152	320	19,2	5,3333	320	5333,33	88,889
340	20400	1224	340	20,4	5,6667	340	5666,67	94,444
360	21600	1296	360	21,6	6,0000	360	6000,00	100,00
380	22800	1368	380	22,8	6,3333	380	6333,33	105,56
400	24000	1440	400	24,0	6,6667	400	6666,67	111,11
420	25200	1512	420	25,2	7,0000	420	7000,00	116,67
440	26400	1584	440	26,4	7,3333	440	7333,33	122,22
460	27600	1656	460	27,6	7,6667	460	7666,67	127,78
480	28800	1728	480	28,8	8,0000	480	8000,00	133,33
500	30000	1800	500	30,0	8,3333	500	8333,33	138,89
550	33000	1980	550	33,0	9,1667	550	9166,67	152,78
600	36000	2160	600	36,0	10,0000	600	10000,0	166,67
650	39000	2340	650	39,0	10,833	650	10083,3	180,56
700	42000	2520	700	42,0	11,667	700	11666,7	194,44
750	45000	2700	750	45,0	12,500	750	12500,0	208,33
800	48000	2880	800	48,0	13,333	800	13333,3	222,22
850	51000	3060	850	51,0	14,167	850	14166,7	236,11
900	54000	3240	900	54,0	15,000	900	15000,0	250,00
950	57000	3420	950	57,0	15,833	950	15833,3	263,89
1000	60000	3600	1000	60,0	16,667	1000	16666,7	277,78

**10. Tablica wartości  $Q$ ,  $\Delta h$  i  $v$**   
 dla wodomierzy o średnicach  $d_n = 15 \div 100 \text{ mm}$   
 i przepuszczalnościach  $Q_n = 3 \div 70 \text{ s/h}$

$Q \ \% \ Q_n$	5	10	20	30	40	50	75	100	$d_n$ mm	$Q_n$ s/h
$\Delta h \text{ m}$	0,025	0,10	0,40	0,90	1,6	2,5	5,625	10,0		
$Q \text{ s/h}$	0,15	0,30	0,6	0,9	1,2	1,5	2,25	3,0	15	3
$v \text{ m/sek}$	0,236	0,47	0,94	1,42	1,89	2,36	3,54	4,72		
$Q \text{ s/h}$	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,75	5,0	20	5
$v \text{ m/sek}$	0,221	0,44	0,88	1,33	1,77	2,21	3,31	4,42		
$Q \text{ s/h}$	0,35	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5	5,25	7,0	25	7
$v \text{ m/sek}$	0,198	0,40	0,79	1,19	1,58	1,98	2,97	3,96		
$Q \text{ s/h}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,5	10,0	30	10
$v \text{ m/sek}$	0,196	0,39	0,79	1,18	1,57	1,96	2,94	3,92		
$Q \text{ s/h}$	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20,0	40	20
$v \text{ m/sek}$	0,221	0,44	0,88	1,33	1,77	2,21	3,32	4,42		
$Q \text{ s/h}$	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	22,5	30,0	50	30
$v \text{ m/sek}$	0,212	0,42	0,85	1,27	1,70	2,12	3,18	4,25		
$Q \text{ s/h}$	2,0	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	30,0	40,0	60	40
$v \text{ m/sek}$	0,196	0,39	0,79	1,18	1,57	1,93	2,95	3,92		
$Q \text{ s/h}$	2,5	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	37,5	50,0	80	50
$v \text{ m/sek}$	0,138	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	2,07	2,76		
$Q \text{ s/h}$	3,5	7,0	14,0	21,0	28,0	35,0	52,5	70,0	100	70
$v \text{ m/sek}$	0,124	0,25	0,49	0,74	0,99	1,24	1,86	2,48		





**P O M P Y**

ODŚRODKOWE  
TURBINOWE  
GŁĘBINOWE  
PODWODNE  
PLETWOWE  
HYDROFORY

FABRYKA MASZYN **„SIRIUS“**

**WARSZAWA, UL. ZAMOJSKIEGO 51**

TELEFON 10-18-25

TELEFON 10-18-25

**ZNORMALIZOWANA ARMATURA  
CIĘŻKA DO SIECI WODOCIĄGOWYCH**

(ZASUWY, HYDRANTY, STUDZIENKI,  
KLAPY ZWROTNE, ODPOWIETRZNIKI,  
UCHWYTKI, APARATY NAWIERTNICZE itp.)

**PRÓBOWANA NA CIŚNIENIE**

**„WIEPOFANA“**

**WIELKOPOLSKA ODLEWNIA,  
FABRYKA NARZĘDZI I MASZYN S. A.**

**P O Z N A Ń, UL. DĄBROWSKIEGO 81**

TELEFON 61-56

TELEFON 61-56

## CZĘŚĆ IV

# MECHANIKA OGÓLNA

opracował<sup>1)</sup> inż.-mech. *A. T. Troškolański*

### Oznaczenia:

ciężar . . . . .	$G$	prędkość . . . . .	$v$
ciężar właściwy . . . . .	$\gamma$	prędkość kątowna . . . . .	$\omega$
czas . . . . .	$t$	prędkość średnia . . . . .	$v_s$
energja kinetyczna . . . . .	$E$	promień . . . . .	$r$
energja położenia . . . . .	$U$	promień krzywizny . . . . .	$\rho$
gęstość . . . . .	$\mu$	przekrój . . . . .	$F$
ilość obrotów . . . . .	$n$	przyśpieszenie . . . . .	$a$
kąty . . . . . $\alpha, \beta, \gamma \dots \delta, \varphi, \psi$		przyśpieszenie kątowe . . . . .	$\varepsilon$
masa . . . . .	$m$	przyśpieszenie siły cięż-	
moc . . . . . $NHP, N$		kości . . . . .	$g$
moment . . . . .	$M$	siła . . . . .	$P$
moment bezwładności geo-		siła wypadkowa . . . . .	$R$
metryczny . . . . .	$J$	spółrzędne . . . . .	$x, y, z$
moment bezwładności ma-		średnica . . . . .	$d, D$
terjalny . . . . .	$I$	temperatura . . . . .	$t$
powierzchnia . . . . .	$F$	wektory . . . . . $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$	
praca . . . . .	$L$		

<sup>1)</sup> na podstawie I. tomu „Podręcznika dla sprawdzających wodomierze“.

# 1. Algebra wektorów

Wielkości, występujące w mechanice, dzielimy na wielkości bezkierunkowe, czyli *skalary*, oraz wielkości kierunkowe, czyli *wektory*.

*Skalarem* jest wielkość, nie związana z żadnym kierunkiem w przestrzeni; do jednoznacznego określenia skalara wystarczy podać jego wartość bezwzględną. Do skalarów zaliczamy czas, masę, gęstość, ciężar właściwy, temperaturę, pracę, energię i t. p.

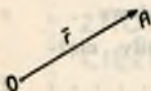
*Wektorem* jest każda wielkość, określona jednoznacznie przez wartość bezwzględną, kierunek i zwrot kierunku. Wartość bezwzględną wektora określamy liczbą mianowaną, kierunek — prostą w przestrzeni, a zwrot wektora — strzałką.



Rys. 1.

Wektor przedstawia zatem odcinek, zorientowany w przestrzeni. Wektor o początku  $A$  i końcu  $B$  oznaczamy przez  $\overline{AB}$  lub  $\vec{a}$ , причем  $\overline{a} = \overline{AB}$ .

Wektorami są przesunięcie punktu, prędkość, przyspieszenie, siła, moment i t. p.

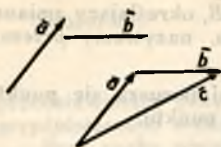


Rys. 2.

Wektor, określający położenie dowolnego punktu  $A$  przestrzeni względem pewnego punktu stałego  $O$ , przyjętego za początek układu odniesienia, nazywamy *promieniem-wektorem*:  $\overline{r} = \overline{OA}$ .

Wielkości, określone w mechanice wektorami, dzielimy na trzy grupy:

1. *wektory swobodne*, których początek można umieścić w dowolnym punkcie bez zmiany znaczenia wielkości, przedstawionej przez wektor (np. przesunięcie, prędkość i przyspieszenie przy ruchu postępowym i t. p.),
2. *wektory nieswobodne związane z prostą*. Początek takiego wektora musi leżeć w dowolnym punkcie prostej, a kierunek wpadać w kierunek tej prostej, np. siła działająca na ciało sztywne i t. p.
3. *wektory nieswobodne związane z punktem*, który stanowi początek wektora, np. promień-wektor, prędkość i przyspieszenie poruszającego się punktu, siła działająca na punkt materialny i t. p.

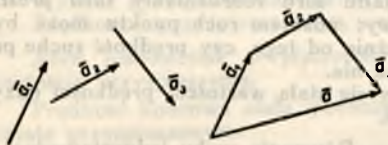


Rys. 3.

Sumą geometryczną dwu wektorów  $\vec{a}$  i  $\vec{b}$  nazywamy wektor  $\vec{c}$ , którego początek leży w początku wektora  $\vec{a}$ , a koniec w końcu wektora  $\vec{b}$ . Dodawanie geometryczne wyrażamy równaniem:

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}. \quad [1]$$

Sumę geometryczną wektorów otrzymujemy, łącząc kolejno wektory w dowolnym porządku tak, aby koniec poprzedniego wektora był początkiem następnego. Wektor, który łączy początek utworzonego wieloboku z jego końcem i tworzy bok zamykający wielobok wektorów, przedstawia sumę wektorów, zwaną *wektorem wypadkowym*:



Rys. 4.

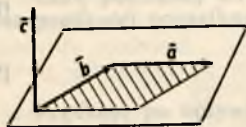
$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \dots + \vec{a}_n. \quad [2]$$

Iloczyn skalarowy dwu wektorów  $\vec{a}$  i  $\vec{b}$  jest to skalar, którego wartość równa się iloczynowi bezwzględnych wartości obu wektorów i cosinusa kąta pomiędzy nimi zawartego:

$$\vec{a} \vec{b} = a b \cdot \cos(\vec{a}, \vec{b}). \quad [3]$$

Iloczyn wektorowy dwu wektorów  $\vec{a}$  i  $\vec{b}$  jest wektor  $\vec{c}$  o bezwzględnej wartości:

$$c = a b \sin(\vec{a}, \vec{b}), \quad [4]$$



Rys. 5.

którego kierunek jest prostopadły do płaszczyzny przechodzącej przez wektory  $\vec{a}$  i  $\vec{b}$ , a zwrot taki, by wektory  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  i  $\vec{c}$  tworzyły t. zw. *układ prawy*, odpowiadający układowi kciuka, palca wskazującego i środkowego prawej ręki. Wartość bezwzględna iloczynu wektorowego mierzy się polem równoległoboku, zbudowanego z  $\vec{a}$  i  $\vec{b}$ .

Mnożenie wektorowe oznaczamy przez umieszczenie przed wektorami  $\vec{a}$   $\vec{b}$  smukłej litery V:

$$\vec{c} = \mathbb{V} \vec{a} \vec{b}. \quad [5]$$

## 2. Kinematyka

*Ruch* polega na zmianie położenia punktu wzgl. ciała w przestrzeni względem układu, przyjętego za układ odniesienia.



Rys. 6.

Wektor  $\vec{s} = \overline{AB}$ , określający zmianę położenia punktu, nazywamy *przesunięciem punktu*.

Linję, po której porusza się punkt, nazywamy *tor* punktu.

Równanie, określające zależność drogi od czasu:

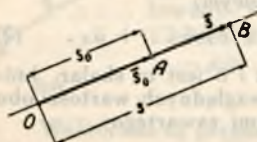
$$s = f(t), \quad [6]$$

nazywamy *równaniem ruchu*.

Tor i równanie ruchu umożliwia określenie położenia poruszającego się ciała w dowolnej chwili.

W zależności od kształtu toru rozróżniamy *ruch prostoliniowy* i *ruch krzywoliniowy*; poza tym ruch punktu może być *jednostajny* i *zmienny*, zależnie od tego, czy prędkość ruchu posiada wartość stałą, czy też nie.

Ruch, charakteryzujący się stałą wartością prędkości nazywamy *ruchem jednostajnym*.



Rys. 7.

Równanie ruchu jednostajnego:

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}t, \quad [7]$$

przy czym  $s_0$  określa położenie początkowe punktu,  $v$  — prędkość,  $t$  — czas, potrzebny do przebycia drogi  $\overline{AB}$ .

Jeśli punkt, z którego ruch się zaczyna przyjmujemy za początek układu, to drogę określimy wzorem:

$$\vec{s} = \vec{v}t. \quad [8]$$

Prędkość ruchu jednostajnego:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad [9]$$

Wymiar prędkości:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = m/sek. \quad [10]$$

Wektor  $\vec{v}$  nazywamy *wektorem prędkości*.

Przy *ruchu zmiennym prostoliniowym* prędkość ciała w chwili  $t$ :

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt} \quad [11]$$

wyraża się stosunkiem nieskończenie małego przyrostu drogi do nieskończenie małego interwału czasu  $dt$ .

Ruch ciała może być *jednostajnie zmienny* lub *niejednostajnie zmienny*.

Stosunek:

$$\vec{v}_s = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} \quad [12]$$

nazywamy *prędkością średnią*.

Stosunek:

$$\bar{a} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}, \quad [13]$$

przedstawiający przyrost prędkości  $\Delta \bar{v}$  w czasie  $\Delta t$  nazywamy *przyśpieszeniem średnim* ruchu w czasie  $\Delta t$ .

Przy ruchu niejednostajnie zmiennym *przyśpieszenie* określamy jako stosunek nieskończenie małego przyrostu prędkości do nieskończenie małego czasu  $dt$ :

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} \quad [14]$$

Wymiar przyśpieszenia:  $[a] = m/sec^2$ .

Prędkość i przyśpieszenie są wektorami.

*Ruch jednostajnie przyśpieszony* charakteryzuje się stałą wartością przyśpieszenia.

Prędkość końcowa ciała poruszającego się ruchem jednostajnie przyśpieszonym:

$$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{a}t. \quad [15]$$

Droga przebyta w czasie  $t$ :

$$\bar{s} = \bar{v}_0 t + \frac{\bar{a}t^2}{2}. \quad [16]$$

Jeśli prędkość początkowa  $\bar{v}_0 = 0$ , wówczas:

$$\bar{v} = \bar{a}t \quad [17]$$

$$\bar{s} = \frac{\bar{a}t^2}{2}. \quad [18]$$

Czas, potrzebny do przebycia drogi  $s$ , jeśli ruch zaczyna się bez prędkości początkowej:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}. \quad [19]$$

Prędkość po upływie  $t$  sekund:

$$v = at = \sqrt{2as}. \quad [20]$$

Długość drogi, wzdłuż której ciało powinno się poruszać z przyśpieszeniem  $\bar{a}$ , by osiągnąć prędkość  $v$ :

$$s = \frac{v^2}{2a}. \quad [21]$$

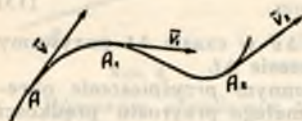
Zastępując przyśpieszenie  $\bar{a}$  przyśpieszeniem siły ciężkości:  $g = 9,81 m/sec^2$ , a drogę  $s$  wysokością  $h$ , z której ciało swobodnie spada, otrzymamy:

$$v = \sqrt{2gh} \quad [22]$$

$$h = \frac{v^2}{2g}. \quad [23]$$

Wysokość  $h$ , z której ciało powinno spadać, aby u dołu osiągnąć prędkość  $v$ , nazywamy *wysokością odpowiadającą prędkości* lub *wysokością prędkości*.

Przy ruchu zmiennym krzywoliniowym prędkość określamy stosunkiem:

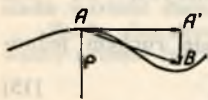


$$\bar{v} = \frac{ds}{dt} \quad [24]$$

Rys. 8

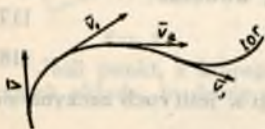
Wektor  $ds$  odpowiada drodze, którą przebywa punkt  $A$  po torze krzywoliniowym w nieskończenie małym czasie  $dt$ . Kierunek prędkości w uważanym punkcie określa styczna do toru, która przechodzi przez dwa sąsiednie punkty odległe od siebie o nieskończenie mały odcinek  $ds$ .

Ruch krzywoliniowy jest zawsze ruchem zmiennym, posiadającym przyspieszenie, ponieważ zmiana kierunku ruchu może nastąpić tylko wtedy, gdy do prędkości chwilowej  $\bar{v} = AA'$  dołączy się przyrost  $A'B$ , mający kierunek odmienny, zwrócony ku wklęsłości toru. Przyrost prędkości w jednostce czasu, przy ruchu zmiennym krzywoliniowym, czyli przyspieszenie:

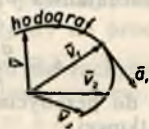


Rys. 9.

$$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt} \quad [25]$$



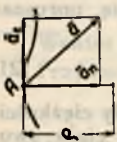
Rys. 10.



Hodografem nazywamy krzywą, utworzoną przez końce wektorów prędkości, wykreślonych z dowolnie obranego punktu. Wektor  $\bar{a}$  wystawiony stycznie do hodografu, przedstawia przyspieszenie ruchu krzywoliniowego.

Przyspieszenie punktu poruszającego się po torze krzywoliniowym, można rozłożyć na dwie składowe:

Przyspieszenie punktu poruszającego się po torze krzywoliniowym, można rozłożyć na dwie składowe:



Rys. 11.

$$\bar{a} = \bar{a}_t + \bar{a}_n \quad [26]$$

z których jedna, skierowana stycznie do toru, nazywa się przyspieszeniem stycznym, druga, prostopadła do toru, przyspieszeniem normalnym lub dośrodkowym.

Przyspieszenie styczne:

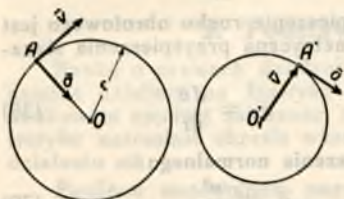
$$\bar{a}_t = \frac{dv}{dt} \quad [27]$$

Przyspieszenie normalne:

$$\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \quad [28]$$

Wielkość  $\rho$  jest promieniem krzywizny w danym punkcie toru. Przyspieszenie normalne jest zawsze skierowane do środka krzywizny toru.

Ruch jednostajny po kole jest ruchem zmiennym; nie zmienia się wprowadzić wartość bezwzględna prędkości ( $a_t = 0$ ), lecz kierunek. Hodograf ruchu jednostajnego po kole jest kołem o promieniu  $v$ .



Rys. 12.

Przyspieszenie obliczamy ze stosunku:

$$a : v = v : r,$$

skąd:

$$a = \frac{v^2}{r}. \quad [29]$$

Oznaczając przez  $T$  okres czasu, potrzebny do przebycia całego obwodu koła, otrzymamy:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{2r\pi}{T}. \quad [30]$$

Ilość obrotów:

$$n = \frac{1}{T}. \quad [31]$$

Jeśli  $v$  podane jest w *m/sek*, a  $n$  oznacza ilość obrotów na minutę, wówczas:

$$v = \frac{2r\pi n}{60} \text{ m/sek}. \quad [32]$$

Prędkość kątową obrotu nazywamy stosunek:

$$\bar{\omega} = \frac{v}{r}. \quad [33]$$

Wymiar prędkości kątowej:

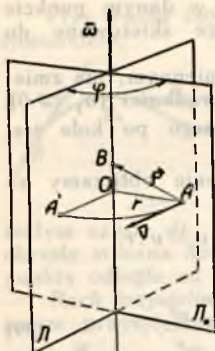
$$[\bar{\omega}] = 1/\text{sek}. \quad [34]$$

Zależność pomiędzy prędkością kątową obrotu, a ilością obrotów na minutę:

$$\bar{\omega} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}. \quad [35]$$

Ruch obrotowy ciała względem osi, przechodzącej przez ciało lub leżącej poza jego obrębem, polega na tym, iż wszystkie punkty ciała, z wyjątkiem punktów położonych na osi obrotu, poruszają się w płaszczyznach prostopadłych do osi po kołach, których promienie odpowiadają odległościom uważanych punktów od osi obrotu.





Rys. 13.

Punkt A, położony w odległości  $r$  od osi obrotu, opisuje łuk koła o długości:

$$\bar{s} = r \varphi \quad [36]$$

z prędkością:

$$\bar{v} = r \frac{d\varphi}{dt}. \quad [37]$$

Przyśpieszenie ruchu obrotowego jest sumą geometryczną przyśpieszenia stycznego:

$$\bar{a}_t = \frac{d\bar{v}}{dt} \quad [38]$$

i przyśpieszenia normalnego:

$$\bar{a}_n = \frac{v^2}{r}. \quad [39]$$

Elementarny przyrost kąta obrotu  $\varphi$ , przypadający na nieskończenie mały przyrost czasu  $dt$ , nazywany *prędkością kątową obrotu*:

$$\bar{\omega} = \frac{d\varphi}{dt}. \quad [40]$$

Przy ruchu obrotowym jednostajnym miarą prędkości kątowej obrotu jest kąt obrotu  $\varphi$ , wyrażony w mierze łukowej, przypadający na jednostkę czasu:

$$\bar{v} = r \frac{d\varphi}{dt} = r \bar{\omega}. \quad [41]$$

Elementarny przyrost prędkości kątowej obrotu w nieskończenie małym okresie czasu  $dt$  nazywamy *przyśpieszeniem kątowym*:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{d\bar{\omega}}{dt}. \quad [42]$$

Pomiędzy wielkościami  $\bar{a}_t$ ,  $\bar{a}_n$ ,  $\bar{\omega}$  i  $\bar{\varepsilon}$  zachodzą następujące zależności:

$$\bar{a}_t = \frac{d\bar{v}}{dt} = r \frac{d\bar{\omega}}{dt} = r \bar{\varepsilon} \quad [43]$$

$$\bar{a}_n = \frac{v^2}{r} = \frac{r^2 \bar{\omega}^2}{r} = r \bar{\omega}^2. \quad [44]$$

**Ruch ciała sztywnego w przestrzeni** jest wyznaczony ruchem trzech jego punktów, tworzących trójkąt. Tory tych punktów nazywamy *kierownicami ruchu*. Przy *ruchu postępowym* wszystkie kierownice ruchu posiadają ten sam kształt. Ruch postępowy może być ruchem prostoliniowym lub krzywoliniowym. Ruch postępowy prostoliniowy nazywamy *przesunięciem*.

Ruch ciała składa się z szeregu *ruchów chwilowych*, będących zeskładem *przesunięć chwilowych z obrotami chwilowymi*. Jeśli kierunek przesunięcia jest równoległy do osi obrotu, to ruch taki nazywamy *skrętem*, a oś chwilowego obrotu — *osią skrętu*. Przesunięcie chwilowe i obrót chwilowy są *ruchami elementarnymi*, z których składa się dowolny ruch ciała.

### 3. Podstawy dynamiki

Naukę o prawach działania sił nazywamy *dynamiką*. Dynamikę dzielimy na *kinetykę* i *statykę*. *Kinetyka* zajmuje się naukowym ujęciem zależności ruchu od sił, które go wywołują; *statyka* natomiast określa warunki równowagi ciał, poddanych działaniu sił.

*Punktem materialnym* nazywamy ciało o masie  $m$ , którego położenie w przestrzeni daje się określić w taki sam sposób, jak położenie punktu geometrycznego.

*Ciało materialne* możemy uważać za układ oddzielnych punktów materialnych lub też za zbiór punktów materialnych, wypełniających daną część przestrzeni w sposób ciągły.

*Dynamikę* dzielimy na *dynamikę punktu materialnego* i *dynamikę układów materialnych*.

*Siła* jest to działanie, wywierane na ciało, celem wyprowadzenia go ze stanu spoczynku, albo ze stanu ruchu jednostajnego po linii prostej. Siła jest wektorem. Punkt ciała, poddany bezpośredniemu działaniu siły, nazywamy *punktem przyłożenia* albo *punktem zaczepienia* siły. Prosta, przechodząca przez punkt zaczepienia siły i posiadająca zgodny z nią kierunek, nazywa się *linią działania siły*.

*Masą* nazywamy pewną wielkość, charakteryzującą zachowanie się dynamiczne ciała, niezależną ani od stanu ruchu, ani też od stanu fizycznego ciała. *Masa* jest skalarem.

*Podstawową jednostką masy* jest *kilogram (kg)*, którego masa jest w przybliżeniu równa masie czystej wody, mającej pod ciśnieniem atmosferycznym i w temperaturze 4 C, objętość jednego litra. Jednostką masy w układzie cgs jest *gram*, równy jednej tysięcznej kilograma.

*Ilością ruchu* albo *pędem* ciała nazywamy wektor  $m\vec{v}$ , zgodny co do kierunku z prędkością  $\vec{v}$ , a co do wielkości równy  $mv$ .

#### **Pierwsza zasada dynamiki:**

Elementarny przyrost ilości ruchu w nieskończenie małym czasie równa się sile, wywołującej ten przyrost.

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{P}.$$

[45]

Ponieważ  $m = \text{Const.}$ , a  $\frac{d\bar{v}}{dt} = a$ , przeto:

$$\bar{P} = m\bar{a}. \quad [46]$$

Siła działająca na punkt materialny udziela mu przyspieszenia, które jest z nią zgodne co do kierunku i proporcjonalne do niej co do wielkości.

### Prawo bezwładności.

Jeśli na punkt materialny nie działają żadne siły, to przyspieszenie jest równe zeru, a zatem punkt pozostaje w stanie spoczynku lub porusza się ruchem prostoliniowym i jednostajnym.

### Jednostki podstawowe sił.

Jednostką siły w układzie cgs jest *dyna*; jest to siła, zdolna udzielić ciału o masie 1 grama przyspieszenia  $1 \text{ cm/sek}^2$ .

Wymiar siły w układzie cgs:

$$[\text{dyna}] = \frac{\text{g cm}}{\text{sek}^2}. \quad [47]$$

Jednostką siły w układzie technicznym jest *kilogram*, mierzony naciskiem, jaki wywiera na podstawę ciężar kilograma wzorcowego, spoczywającego w *Sèvres*. Jednostkę siły oznacza się skrótem: *kG*.

### Druga zasada dynamiki.

Jakiegokolwiek siły  $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_n$ , działające na punkt materialny, można zastąpić zawsze wypadkową  $\bar{R}$ , która jest ich sumą geometryczną:

$$\bar{R} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \dots + \bar{P}_n = \Sigma \bar{P}. \quad [48]$$

### Trzecia zasada dynamiki.

Każde działanie wywołuje równe i wprost przeciwne oddziaływanie. Siły, wywołane wzajemnym oddziaływaniem dwu punktów materialnych lub dwu ciał, mają wspólną linię działania, są sobie równe i odwrotnie skierowane (*prawo akcji i reakcji*).

## 4. O działaniu siły ciężkości

Siłę, która wywołuje spadanie ciała ku ziemi, nazywamy *siłą ciężkości*. Kierunek, w którym działa siła ciężkości, nazywamy *pionowym*, a wszystkie kierunki położone w płaszczyźnie prostopadłej do pionu — *poziomymi*.

Wszystkie ciała, znajdujące się na ziemi, są ciężkie, t. j. podlegają stałym siłom, działającym na nie w kierunku pionowym w dół. Ciężar ciała zależy od położenia geograficznego.

Ruch ciał spadających swobodnie pod działaniem ciężkości jest ruchem jednostajnie przyspieszonym. Przyspieszenie ruchu ciał spadających nazywamy *przyspieszeniem siły ciężkości (przyspieszeniem ciężkości, przyspieszeniem ziemskim)*. Przyspieszenie siły ciężkości posiada w różnych punktach kuli ziemskiej różne wartości. W Polsce wynosi ono:

$$g = 9,81 \text{ m/sek}^2. \quad [49]$$

Ciężar ciała w danym punkcie kuli ziemskiej zależy wyłącznie od jego masy i jest do masy proporcjonalny; nie zależy natomiast od kształtu, objętości, ani od rodzaju materji:

$$G = mg. \quad [50]$$

Ciężar ciała jest równy sumie ciężarów wszystkich jego części:

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n = \sum G_i. \quad [51]$$

Ciała mające równe ciężary posiadają równe masy.

Jeśli:  $G_1 = G_2$ , a  $G_1 = m_1g$   $G_2 = m_2g$ , to  $m_1 = m_2$ .

Ciało spadające swobodnie porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym.

Prędkość końcowa po upływie  $t$  sekund:

$$v = gt = 9,81 \cdot t \text{ m/sek}, \quad [52]$$

względnie przy spadaniu z wysokości  $h$ :

$$v = \sqrt{2gh} = 4,429 \sqrt{h} \text{ m/sek}. \quad [53]$$

Prędkość końcowa ciała swobodnie spadającego zależy tylko od różnicy poziomów, między położeniem początkowym a końcowym, a nie zależy od kształtu toru.

Wysokość:

$$h = \frac{v^2}{2g}, \quad [54]$$

z której ciało musi swobodnie spadać, aby uzyskało u dołu prędkość  $v$ , nazywamy *wysokością prędkości*.

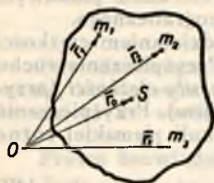
Ciężar ciała poruszającego się jest taki sam, jak ciężar ciała nieruchomego, a zatem działanie siły ciężkości jest niezależne od ruchu ciała.

Ponieważ siła  $1 \text{ kG}$  jako ciężar, udziela masie  $1 \text{ kg}$  przyspieszenia  $981 \text{ cm/sek}^2$ , przeto ta sama siła udzieliłaby masie  $1 \text{ grama}$  przyspieszenia  $1000$  razy większego ( $981\,000 \text{ cm/sek}^2$ ), a zatem siła  $1 \text{ kG}$  jest równoważna  $981\,000$  dynom.

Zależność pomiędzy jednostką siły w układzie technicznym a podstawową jednostką masy w układzie metrycznym:

$$1 \text{ kG} = 9,81 \frac{\text{kg m}}{\text{sek}^2}. \quad [55]$$

## Środek masy.



Rys. 14.

Środkiem masy ciała nazywamy punkt  $S$ , wyznaczony promieniem-wektorem  $\vec{r}_0 = \vec{OS}$  za pomocą równania:

$$m\vec{r}_0 = m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_n\vec{r}_n. \quad [56]$$

Moment masy całego ciała, skupionej w punkcie  $S$ , względem dowolnego punktu  $O$ , równa się sumie geometrycznej momentów mas wszystkich punktów materialnych ciała względem tegoż punktu.

Środek masy układów materialnych jednorodnych jest jednoznacznie określony ich postacią geometryczną.

## Środek ciężkości.

Środek masy i środek ciężkości w ciałach, których rozmiary są bardzo małe w porównaniu z wielkością kuli ziemskiej, znajduje się w jednym i tym samym punkcie.

## Położenie środka masy niektórych linii, powierzchni i ciał jednolitych.

*Odcinek prosty.* Środek masy leży w połowie odcinka.

*Obwód trójkąta.*  $S$  leży w środku koła wpisanego w trójkąt.

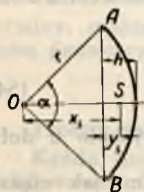
*Obwód równoległoboku.*  $S$  leży w punkcie przecięcia się przekątnych.

*Łuk koła.*  $S$  leży na dwusiecznej kąta środkowego  $\alpha$  w odległości od środka koła:

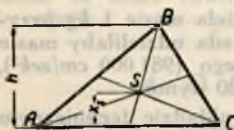
$$x_s = r \frac{\text{cięwiwa } AB}{\text{łuk } AB}. \quad [57]$$

W przybliżeniu odległość od cięwiwy:

$$y_s = \frac{2}{3} h.$$



Rys. 15.



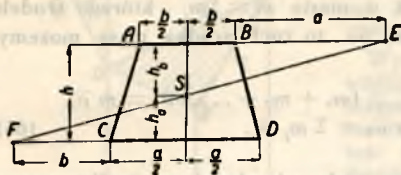
Rys. 16.

*Pole trójkąta.*  $S$  leży w punkcie przecięcia się linii środkowych, łączących środki boków z przeciwległymi wierzchołkami:

$$x_s = \frac{1}{3} h. \quad [58]$$

*Czworościan.*  $S$  jest punktem przecięcia się czterech linii środkowych, łączących środki ścian z przeciwległymi wierzchołkami.

**Pole trapezu.**  $S$  leży na linii środkowej, łączącej środki boków równoległych  $a$  i  $b$ . Odległości  $S$  od boków  $a$  i  $b$ :

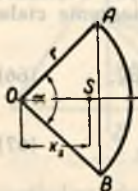


Rys. 17.

$$h_a = \frac{h}{3} \cdot \frac{a + 2b}{a + b}$$

$$h_b = \frac{h}{3} \cdot \frac{2a + b}{a + b}. \quad [59]$$

**Wycinek koła.**



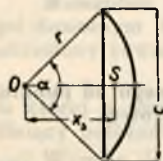
Rys. 18.

$$x_s = \frac{2}{3} r \frac{\text{cięciwa } AB}{\text{łuk } AB}. \quad [60]$$

dla wycinka półkolistego:

$$x_s = \frac{4}{3} \frac{r}{\pi} = 0,424 r. \quad [61]$$

**Odcinek koła.**



Rys. 19.

$$x_s = \frac{c^3}{12F}, \quad [62]$$

gdzie  $F$  jest polem odcinka koła.

**Ostrosłup i stożek.**  $S$  leży na prostej łączącej środek podstawy z wierzchołkiem, przyczem odległość  $S$  od podstawy równa się jednej czwartej wysokości.

**Odcinek kuli.** Oznaczywszy przez  $h$  wysokość odcinka kuli, odległość środka masy od środka kuli o promieniu  $r$  określimy wzorem:

$$x_s = \frac{3}{4} \frac{(2r - h)^2}{3r - h}. \quad [63]$$

Dla półkuli:

$$x_s = \frac{3}{8} r. \quad [64]$$

## Własności kinetyczne środka masy.

Jeśli  $\bar{v}_1, \bar{v}_2, \dots$  oznaczmy prędkości punktów materialnych  $m_1, m_2, \dots$  ciała o masie  $m = \Sigma m_i$ , którego środek masy porusza się prędkością  $\bar{v}_0$ , to ruch środka masy możemy określić równaniem:

$$\begin{aligned} m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 + \dots &= (m_1 + m_2 + \dots) \bar{v}_0 = m \bar{v}_0 \\ m \bar{v}_0 &= \Sigma m_i \bar{v}_i. \end{aligned} \quad [65]$$

Pęd (ilość ruchu) masy ciała, skupionej w środku masy, równa się sumie geometrycznej pędów wszystkich cząstek ciała.

Jeżeli siły  $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots$  udzielają poszczególnym cząstkom  $m_1, m_2, \dots$  przyspieszeń  $\bar{a}_1, \bar{a}_2, \dots$ , to przyspieszenie ciała określić możemy równaniem:

$$m_1 \bar{a}_1 + m_2 \bar{a}_2 + \dots = (m_1 + m_2 + \dots) \bar{a}_0, \quad [66]$$

albo

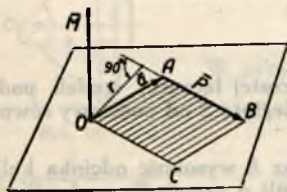
$$\Sigma P_i = \Sigma m_i \bar{a}_i = m \bar{a}_0. \quad [67]$$

Siła bezwładności  $m \bar{a}_0$  całej masy ciała, skupionej w środku masy równa się sumie geometrycznej  $\Sigma m_i \bar{a}_i$  sił bezwładności wszystkich cząstek ciała.

## 5. Momenty

Momentem siły  $\bar{P}$  względem punktu  $O$ , oddalonego od punktu zaczepienia siły o odcinek  $\bar{a}$ , jest iloczyn wektorowy:

$$\bar{M} = \bar{V} \bar{P} \bar{a}. \quad [68]$$



Rys. 20.

Moment siły jest zatem wektorem o wartości bezwzględnej, równej iloczynowi siły przez ramię działania  $r$ :

$$M = P r. \quad [69]$$

Moment siły względem punktu, leżącego na jej linii działania, jest równy zero.

Wymiar momentu:

$$[\bar{M}] = [\bar{P}] \cdot [\bar{r}] = k G m. \quad [70]$$

### Moment siły względem osi.

Moment  $\bar{M}_z$  siły  $\bar{P}$  względem osi  $Z$  wyznaczamy w sposób następujący:

Wyznaczamy moment siły  $\bar{P}$  względem dowolnego punktu  $O$  leżącego na prostej  $Z$ . Moment ten tworzy z osią  $Z$  kąt  $\vartheta$ ; wartość momentu wyraża się podwójnym polem trójkąta  $OAB$ . Rzut tego pola na płaszczyznę prostopadłą do osi  $Z$ , przechodzącą przez dowolny punkt  $O'$ , posiada wartość stałą, niezależną od obioru środka  $O$ .

Wartość bezwzględna momentu  $M_z$ :  $[M_z] = M_z = P' \cdot r'$ .

Moment wektora wypadkowego, będącego sumą geometryczną sił  $P_1, P_2, \dots, P_n$ ,

względem dowolnego punktu w przestrzeni jest sumą geometryczną momentów sił składowych względem tegoż punktu:

$$\bar{M}_0 = \bar{M}_1 + \bar{M}_2 + \dots + \bar{M}_n = \Sigma \bar{M}_i. \quad [71]$$

*Momentem ilości ruchu* ciała o masie  $m$ , poruszającego się po dowolnym torze, względem punktu  $O$ , nazywamy wektor, określony równością:

$$H = \nabla m \bar{v} \bar{r}, \quad [72]$$

w której  $\bar{v}$  oznacza prędkość ciała, a  $\bar{r}$  promień-wektor, określający położenie ciała w uważanej chwili względem punktu  $O$ .

Wymiar ilości ruchu:

$$|H| = kG \text{ m/sek.} \quad [73]$$

Zwyczajnym (*materiałnym*) albo *osiowym momentem bezwładności*  $I$  układu punktów materiałnych  $m_i$  nazywamy sumę iloczynów mas punktów materiałnych układu przez kwadraty ich odległości od danej prostej, zwanej *osią momentu*:

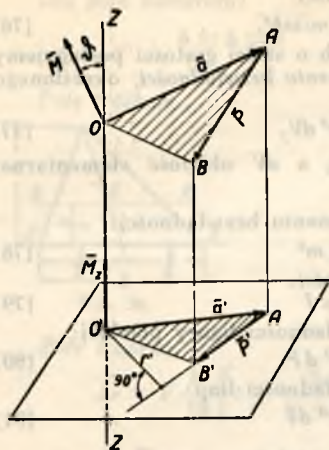
$$I = \Sigma m_i r_i^2. \quad [74]$$

Odległość  $k$  od osi momentu punktu materiałnego, w którym skupiona masa ciała miałaby ten sam moment bezwładności  $I$  co ciało, nazywa się *ramieniem* albo *promieniem bezwładności*; a zatem:

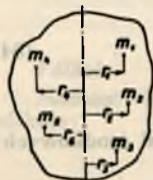
$$I = m k^2, \quad [75]$$

$$m = \Sigma m_i.$$

przyczem:



Rys. 21.



Rys. 22.



Wymiar momentu bezwładności:

$$[I] = kG m/sek^2. \quad [76]$$

W przypadku ciał jednolitych o stałej gęstości posługujemy się pojęciem *geometrycznego momentu bezwładności*, określonego zależnością:

$$J = \int r^2 dV, \quad [77]$$

w której  $\int$  oznacza znak sumy, a  $dV$  objętość elementarnej cząstki.

Wymiar geometrycznego momentu bezwładności:

$$[J] = m^5 \quad [78]$$

*Materiałny moment bezwładności:*

$$I = \mu J \quad [79]$$

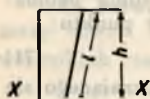
Geometryczny moment bezwładności figury płaskiej:

$$J = \int r^2 dF. \quad [80]$$

Geometryczny moment bezwładności linii:

$$J = \int r^2 dl \quad [81]$$

**Geometryczne momenty bezwładności najważniejszych technicznie linii i powierzchni.**

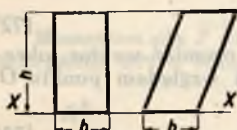


Rys. 23.

*Odcinek prostej.*

Niezależnie od nachylenia

$$J_x = \frac{lh^2}{3}. \quad [82]$$



Rys. 24.

*Równoległobok.*

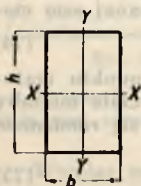
Niezależnie od nachylenia

$$J_x = \frac{bh^3}{3}. \quad [83]$$

Dla kwadratu:  $b = h = a$

$$J_x = \frac{a^4}{3}. \quad [84]$$

*Prostokąt.*



Rys. 25.

Momenty bezwładności wzgl. osi środkowych:

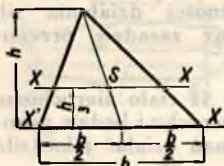
$$J_x = \frac{bh^3}{12} \quad [85]$$

$$J_y = \frac{b^3h}{12}. \quad [86]$$

*Dla pola kwadratu:*

$$b = h = a \quad J = \frac{a^4}{12} \quad [87]$$

*Pole trójkąta.*



$$J_x = F \frac{h^2}{18} = \frac{bh^3}{36} \quad [88]$$

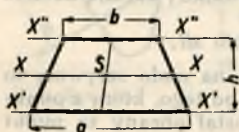
$$J_{x'} = F \frac{h^2}{6} = \frac{bh^3}{12} \quad [89]$$

Rys. 26.

*Pole trapezu.*

$$J_x = F \frac{h^2}{18} \left[ 1 + \frac{2ab}{(a+b)^2} \right] \quad F = \frac{(a+b) \cdot h}{2} \quad [90]$$

$$J_x = \frac{h^3}{36} \left[ (a+b) + \frac{2ab(a+b)}{(a+b)^2} \right] = \frac{h^3}{36} \cdot \frac{a^2 + 4ab + b^2}{a+b} \quad [91]$$



$$J_{x'} = \frac{h^3(a+3b)}{12} \quad [92]$$

$$J_{x''} = \frac{h^3(3a+b)}{12} \quad [93]$$

Rys. 27.

*Pole koła.*

Moment bezwładności względem dowolnej średnicy  $d = 2r$  jest:

$$J = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi d^4}{64} \quad [94]$$

*Półkole.*

Moment bezwładności względem średnicy ograniczającej półkole:

$$J = \frac{\pi r^4}{8} \quad [95]$$

*Pierścień kołowy.*

Moment bezwładności pierścienia kołowego o promieniu zewnętrznym  $R$ , wewnętrznym  $r$  względem dowolnej średnicy:

$$J = \frac{\pi(R^4 - r^4)}{4} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad [96]$$

## 6. Statyka

*Statyka* określa warunki, które muszą być zachowane, by ciało poddane działaniu sił pozostawało w równowadze.

Statyka opiera się na następujących zasadach: zasadzie bezwładności materji, zasadzie niezależności działania sił, uzupełnionej zasadą superpozycji sił, oraz zasadzie przenoszenia sił.

*Zasada bezwładności materji* stwierdza, iż ciało nieruchome nie wykazuje samo przez się skłonności do ruchu i będzie pozostawało w spoczynku, dopóki nie zacznie nań działać jakaś siła zewnętrzna.

*Zasada niezależności działania sił:*

Każda siła musi wywołać właściwy sobie skutek, zarówno pod względem kierunku, jak i wielkości, tak jak gdyby sama jedna działała na ciało pozostające w spoczynku.

*Zasada superpozycji sił:*

Jeżeli każdy z dwu danych układów sił równoważy się, działając sam jeden na punkt materialny, to równowaga nie będzie zachwiana i wówczas, gdy obadwa układy zaczną działać równocześnie.

*Zasada przenoszenia sił:*

Jeżeli siła działa na ciało sztywne, to skutek jest niezależny od tego, który z punktów linii działania został obrany za punkt zaczepienia siły.

Warunki równowagi ciał sztywnych zależą zatem od sił, a nie od ciała.

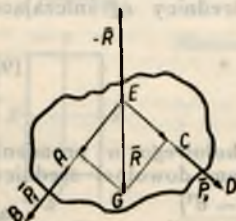
Równowaga ciała sztywnego, poddanego działaniu sił o tej samej linii działania będzie zachowana, gdy suma geometryczna tych sił będzie równa zeru:

$$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = 0. \quad [97]$$

Równowaga ciała sztywnego, poddanego działaniu dwu sił przecinających się jest zachowana, gdy wypadkowa tych sił jest zrównoważona reakcją o tej samej wartości bezwzględnej, tej samej linii działania, a przeciwnym zwrocie.



Rys. 28.



Rys. 29.

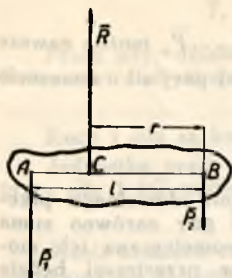
Równowaga ciała, poddanego działaniu sił równoległych:

Jeśli na ciało działają dwie siły równoległe  $\vec{P}_1$  i  $\vec{P}_2$ , posiadające ten sam zwrot, wówczas warunki równowagi:

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 - \vec{R} = 0 \quad [98]$$

$$- \vec{P}_1 l + \vec{R} r = 0. \quad [99]$$

Dwie siły równoległe o tych samych wartościach bezwzględnych, a przeciwnych zwrotach, nazywamy *parą sił*. Para sił, działająca na ciało, wywołuje obrót.

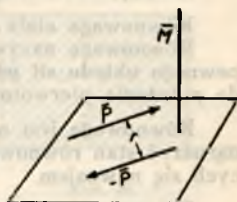


Rys. 30.



Rys. 31.

*Momentem pary* nazywamy wektor swobodny o wartości bezwzględnej równej powierzchni prostokąta, utworzonego przez siły  $\vec{P}$  i  $-\vec{P}$ , tworzące parę i wzajemną ich odległość  $r$ , zwaną *ramieniem pary*.



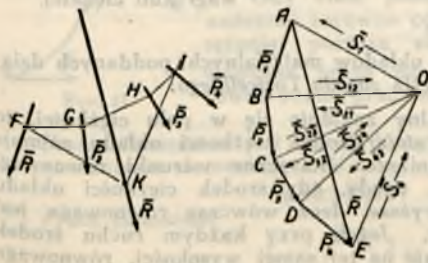
Rys. 32.

**Wykreślne wyznaczenie wypadkowej sił, leżących w jednej płaszczyźnie i działających na różne punkty ciała sztywnego.**

Dodając geometrycznie siły  $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$  i  $\vec{P}_4$ , działające na ciało, otrzymamy wartość bezwzględną i kierunek wypadkowej:

$$\vec{R} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \vec{P}_4.$$

[100]



Rys. 33.

Aby wyznaczyć linię działania wypadkowej  $\vec{R}$ , stosujemy konstrukcję t. zw. *wieloboku sznurowego* (rys. 33).

## Przestrzenny układ sił.

Dowolny układ przestrzenny sił  $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_n$  można zawsze sprowadzić do jednej siły  $R = \Sigma \bar{P}_i$  i jednej pary sił o momencie  $\bar{M} = \Sigma Mom_0 \bar{P}_i$ .

## Ogólne warunki równowagi.

Równowaga ciała, poddanego działaniu dowolnego przestrzennego układu sił będzie zapewniona, gdy zarówno suma geometryczna wszystkich sił, jak i suma geometryczna ich momentów względem dowolnego punktu w przestrzeni będzie równa zeru:

$$\Sigma \bar{P}_i = 0 \qquad \Sigma Mom_0 \bar{P}_i = 0. \qquad [101]$$

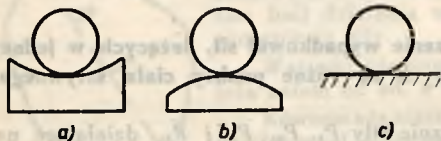
## Rodzaje równowagi.

Równowaga ciała może być *stałą*, *niestałą* lub *obojętną*.

Równowagę nazywamy *stałą*, jeśli ciało poddane działaniu pewnego układu sił po wychyleniu z położenia równowagi wraca do położenia pierwotnego.

Równowaga jest *niestałą*, gdy najbliższe wstrząśnienie może naruszyć stan równowagi ciała, poddanego działaniu sił znoszących się nawzajem.

Równowaga *obojętna* zachodzi wtedy, gdy w razie przesunięcia ciała w położenie sąsiednie w dowolnym byleby poziomym kierunku ciało pozostaje nadal w równowadze i nie posiada tendencji do powrotu w położenie pierwotne.



Rys. 34.

Rys. 34 a, b i c przedstawiają przykłady rodzajów równowagi kuli ciężkiej.

## Zasada Toricelli'ego

Rodzaje równowagi układów materialnych, poddanych działaniu siły ciężkości, określa *zasada Toricelli'ego*:

Jeśli układ materialny znajduje się w polu ciężkości, to w położeniu równowagi *stałej* środek ciężkości układu zajmuje położenie możliwie najniższe. Statyczne warunki równowagi są spełnione również i wtedy, gdy środek ciężkości układu zajmuje położenie najwyższe, lecz wówczas równowaga jest *niestała*, czyli *chwiejna*. Jeżeli przy każdym ruchu środek ciężkości układu pozostaje na tej samej wysokości, równowaga jest *obojętna*.

## 7. O pracy i energii

Praca siły, działającej w kierunku przesunięcia, jest równa iloczynowi z siły i drogi:

$$L = P s. \quad [102]$$

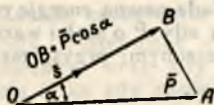
Ruch i siła są koniecznymi składnikami pracy.

Jednostką pracy jest *kilogramometr*; jest to praca dokonana przez siłę 1 kG wzdłuż drogi równej 1 m:

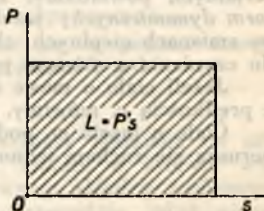
$$[L] = [P] \cdot [s] = \text{kG m}. \quad [103]$$

Jeżeli kierunek ruchu ciała, poddanego działaniu siły  $\vec{P}$ , jest nachylony do kierunku działania siły pod kątem  $\alpha$ , to praca wyraża się wzorem:

$$L = P s \cos \alpha. \quad [104]$$



Rys. 35.



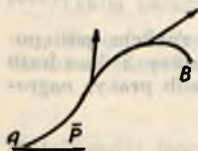
Rys. 36.

Oznaczając składową siły w kierunku drogi przez  $P' = P \cos \alpha$ , otrzymamy:

$$L = P' s. \quad [105]$$

Praca jest zatem iloczynem drogi przez składową siły równoległą do drogi.

Praca jest skalarem i da się przedstawić zapomocą prostokąta o bokach  $P'$  i  $s$  (rys. 36).



Rys. 37.

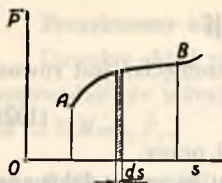
Gdy ciało poddane działaniu siły  $\vec{P}$ , zmiennej zarówno co do kierunku, jak i łączenia, porusza się po dowolnym torze, wówczas praca na drodze  $\vec{s} = \overline{AB}$  jest równa sumie prac elementarnych.

Praca elementarna jest równa iloczynowi skalarowemu siły  $\vec{P}$  na przesunięciu elementarnym  $d\vec{s}$ :

$$dL = \vec{P} d\vec{s}. \quad [106]$$

Praca całkowita:

$$L = \int_A^B \vec{P} d\vec{s}. \quad [107]$$



Rys. 38.

W najogólniejszym wypadku pracę przedstawia pole, ograniczone krzywą  $AB$ , przedstawiającą zależność  $P'$  od  $s$ , osią dróg i rzędnymi, odpowiadającymi początkowemu i końcowemu położeniu ciała.

**Energją** pewnego układu materialnego nazywamy zdolność do wykonania przezeń pracy, a zatem miarą energii jest praca, jaką dany układ materialny może wykonać.

Jeżeli praca wywołuje dostrzegalne zmiany w układzie materialnym, powiadamy, że energia przejawia się w jednej z jej *form dynamicznych*; jeżeli zaś skutki wykonania pracy polegają na zmianach cieplnych, chemicznych, elektrycznych i t. p., mamy do czynienia z różnymi postaciami *energji wewnętrznej*.

Jeżeli ciało o masie  $m$  porusza się pod działaniem siły  $P$  z prędkością  $v$ , mówimy, iż ciało to posiada pewną *energję ruchu*.

Ciało o masie  $m$ , poddane działaniu siły  $P$  o stałej wartości, porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym; przyspieszenie:

$$a = \frac{P}{m}.$$

Prędkość ciała po upływie czasu  $t$  sek;

$$v = at;$$

droga:

$$s = \frac{vt}{2} = \frac{at^2}{2}.$$

Praca wykonana na drodze  $s$  przez siłę  $P$ :

$$L = \frac{m}{2} a^2 t^2 = \frac{mv^2}{2}. \quad [108]$$

**Energję kinetyczną** ciała poruszającego się ruchem postępowym można określić jako połowę iloczynu z masy i kwadratu prędkości. Energia kinetyczna przedstawia zasób pracy, nagromadzonej w ciele pod postacią ruchu.

$$E = \frac{mv^2}{2}. \quad [109]$$

Jeżeli w chwili początkowej ciało posiadało prędkość  $v_0$ , a w danej chwili prędkość wynosi  $v$ , wówczas wykonana praca równa się przyrostowi energii kinetycznej:

$$\bar{E} = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}. \quad [110]$$

Wymiar energii:

$$[E] = kGm. \quad [111]$$

Jednostki pracy są zarazem jednostkami energii.

*Energja ciała obracającego się* ze stałą prędkością kątową  $\omega$  równa się połowie iloczynu z kwadratu prędkości kątowej i momentu bezwładności ciała względem osi obrotu:

$$E = \frac{J \omega^2}{2} = \frac{1}{2} \omega^2 \sum m_i r_i^2 \quad [112]$$

Wyrażenie:  $\sum m_i r_i^2$  nazywamy *momentem bezwładności* ciała względem osi obrotu.

*Energja potencjalna* układu materialnego jest to ilość pracy, którą trzeba wykonać, żeby przeprowadzić dany układ ze stanu lub położenia początkowego w stan lub położenie rozpatrywane.

Przyrost energii potencjalnej danego układu nie zależy od tego, jaką drogą wzgl. w jaki sposób dany układ materialny przeszedł ze stanu pierwotnego w stan rozpatrywany.

*Energja potencjalna* może przejawiać się w postaci *energji położenia, energji ciśnienia, energji sprężystości* i t. d.

### Zasada zachowania energii.

Siły występujące w przyrodzie możemy podzielić na *siły zachowawcze* oraz *siły rozpraszające*. Układ, w którym występują tylko siły zachowawcze, nazywamy *układem zachowawczym*. Układ taki nie jest możliwy w przyrodzie, gdyż niema ruchu bez tarcia, a tarcie należy do sił rozpraszających.

Zjawiska, zachodzące w układzie zachowawczym, podlegają *zasadzie zachowania energii*.

W układzie zachowawczym całkowita energia ciała, będąca sumą energii kinetycznej i energii potencjalnej, zachowuje niezmiennie stałą wartość:

$$E + U = Const. \quad [113]$$

Takim układem zachowawczym jest masa cieczy doskonałej.

*Mocą (dzielnością)* nazywamy pracę lub energję, przypadającą na jednostkę czasu:

$$N = \frac{L}{t} = \frac{P s}{t} = P v. \quad [114]$$

Wymiar mocy:

$$[N] = kG \text{ m/sek.} \quad [115]$$

Najczęściej stosowaną jednostką mocy jest *koń parowy*:

$$1 \text{ HP} = 75 \text{ kG m/sek.} \quad [116]$$

Do określenia mocy silników elektrycznych używamy jednostki zwanej *kilowatem*, związanej z koniem parowym zależnością:

$$1 \text{ HP} = 0,736 \text{ kW.} \quad [117]$$



## 8. Kinetyka punktu materialnego

### Zasada pracy:

Przyrost energii kinetycznej punktu materialnego  $m$ , poruszającego się po linii prostej, równa się pracy siły, wywołującej ruch punktu materialnego na drodze  $s$ , odpowiadającej zmianie prędkości z  $v_0$  na  $v$ :

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = L = P s. \quad [118]$$

Jeśli punkt porusza się po dowolnym torze, to przyrost elementarny energii kinetycznej równa się pracy elementarnej siły, wywołującej ruch punktu materialnego:

$$d\left(\frac{m v^2}{2}\right) = \bar{P} d\bar{s}. \quad [119]$$

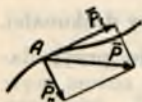
Przyrost energii kinetycznej punktu materialnego między jakimikolwiek dwoma punktami jego toru, równa się pracy siły, wywołującej ruch tego punktu, na drodze od położenia początkowego do końcowego:

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = \int \bar{P} d\bar{s}, \quad [120]$$

przyczem wyrażenie  $\int \bar{P} d\bar{s}$  oznacza sumę prac elementarnych na drodze od położenia początkowego do położenia końcowego.

*Ruch nieswobodny* zachodzi, gdy poruszający się punkt materialny jest zmuszony do pozostawania na pewnej powierzchni lub też na linii krzywej.

Orbitowanie ruchu swobodnego jest równoważne sile, jaką powierzchnia lub krzywa, ograniczająca swobodę, wywiera na dany punkt materialny. Siłę tę nazywamy *reakcją* albo *oddziałaniem*.



Rys. 39.

Całkowite przyspieszenie  $\bar{a}$  punktu materialnego, zmuszonego do pozostawania na danym torze, odpowiada wypadkowej z siły czynnej  $P$  i reakcji  $R$ , prostopadłej do toru:

$$m \bar{a} = \bar{P} + \bar{R}. \quad [121]$$

Rozkładając siłę czynną  $\bar{P}$  na dwie składowe: styczną do toru  $P_t$  i normalną  $P_n$ , możemy określić ruch punktu dwoma równaniami:

$$P_t = m \bar{a}_t = m \frac{d\bar{v}}{dt} \quad [122]$$

$$P_n + R = m \bar{a}_n = m \frac{v^2}{\rho}, \quad [123]$$

gdzie  $\rho$  jest promieniem krzywizny w danym punkcie krzywej.

Z równania [123] wynika, iż reakcja  $\bar{R}$  występuje także wtedy, gdy  $P_n = 0$  i równa się wówczas:

$$\bar{R} = m \frac{v^2}{\rho}. \quad [124]$$

Reakcję tę nazywamy *siłą dośrodkową*. Odwrotnie punkt materialny, poruszający się po torze krzywoliniowym, wywiera na nacisk o tej samej wielkości  $\frac{mv^2}{\rho}$ , lecz skierowany od środka krzywizny nazewnątrz toru. Siła ta nosi nazwę *siły odśrodkowej*. *Siłą odśrodkową* w ruchu nieswobodnym na danym torze nazywamy zatem siłę, jaką poruszający się punkt materialny wywiera na ten tor.

## 9. Kinytyka układów materialnych

### Zasada pracy i energii.

Przyrost względnie ubytek energii kinetycznej układu materialnego podczas ruchu jest równy pracy sił wewnętrznych i zewnętrznych, włożonej w dany układ materialny względnie wykonanej przez siły układu.

### Zasada d'Alembert'a

Na poszczególne punkty układu materialnego działają *siły czynne*  $P_i$  oraz *siły bierne* (siły międzycząsteczkowe, opory ruchu)  $\bar{W}_i$ ; obie te siły udzielają poszczególnym punktom materialnym o masach  $m_i$  przyśpieszeń  $\bar{a}_i$ . Te rzeczywiste przyśpieszenia dałyby się zrównoważyć działaniem fikcyjnych sił  $B_i = -m_i \bar{a}_i$ , które nazywamy *siłami* lub *oporami bezwładności*.

W każdym położeniu poruszającego się układu materialnego siły (fikcyjne) bezwładności równoważą się z siłami zewnętrznymi, o ile siły wewnętrzne nawzajem się znoszą.

Powyższe twierdzenie sprowadza zagadnienie ruchu układu materialnego pod wpływem danych sił do zagadnienia równowagi sił zewnętrznych z siłami bezwładności, zwanymi również *siłami d'Alembert'a*.

### Zasada ruchu środka mas.

Siły wewnętrzne jakiegokolwiek układu materialnego nie wpływają na ruch środka masy tego układu, który odbywa się tak, jak ruch punktu materialnego o masie  $m = \sum m_i$ , równej całej masie układu pod działaniem wszystkich sił zewnętrznych  $P_i$  układu, przeniesionego do środka masy.

Zasadę ruchu środka masy wyrażamy równaniem:

$$m \frac{d\bar{v}_0}{dt} = \Sigma \bar{P}_i, \quad [125]$$

w którym  $\bar{v}_0$  oznacza prędkość środka masy.

Równanie powyższe możemy również napisać w następującej postaci:

$$\frac{d(m\bar{v}_0)}{dt} = \Sigma \bar{P}_i, \quad [126]$$

przyczem

$$m\bar{v}_0 = \Sigma m_i \bar{v}_i. \quad [127]$$

Prędkość zmiany ilości ruchu jakiegokolwiek układu materialnego równa się wypadkowej z sił zewnętrznych układu.

### Zasada momentów ilości ruchu.

Zmiana wypadkowego momentu ruchu względem dowolnego punktu w przestrzeni jakiegokolwiek układu materialnego, przypadająca na jednostkę czasu, równa się wypadkowemu momentowi sił, działających na układ.

Zmiana wypadkowego momentu ruchu układu materialnego zależy wyłącznie od sił zewnętrznych; na zasadzie *prawa akcji i reakcji* momenty sił wewnętrznych znoszą się wzajemnie.

$$\frac{d}{dt} (\Sigma Mom_0 m_i \bar{v}_i) = \Sigma Mom_0 \bar{P}_i. \quad [128]$$

Równanie powyższe możemy napisać również w postaci:

$$\frac{d}{dt} \Sigma (m_i \nabla \bar{v}_i \bar{r}_i) = \Sigma \nabla \bar{P}_i \bar{r}_i, \quad [129]$$

gdzie  $r_i$  oznacza promień wektor, łączący dowolny punkt materialny układu z obranym punktem  $O$ .

Sumę geometryczną ilości ruchu względem dowolnego punktu w przestrzeni  $O$ :

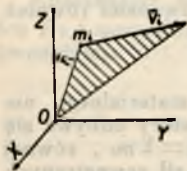
$$\Sigma Mom_0 m_i \bar{v}_i = \Sigma m_i \nabla \bar{v}_i \bar{r}_i \quad [130]$$

nazywamy *krętem* układu.

A zatem *zasadę momentów ilości ruchu*, zwaną również *zasadą pól*, możemy wyrazić w sposób następujący:

Dla dowolnie obranego punktu  $O$  prędkość zmiany krętu jakiegokolwiek układu materialnego jest równa geometrycznie ogólnemu momentowi sił zewnętrznych tegoż układu.

Iloczyn  $\nabla \bar{v}_i \bar{r}_i$  przedstawia podwójne pole ograniczone wektorem  $\bar{v}_i$  oraz dwoma promieniami wektorowymi, łączącymi początek względnie koniec wektora  $\bar{v}_i$  z punktem  $O$ . Tem tłumaczy się nazwa „*zasady pól*”.



Rys. 40.

## CZĘŚĆ V

# HYDROMECHANIKA

opracował<sup>1)</sup> inż.-mech. A. T. Troskołański

## WSTĘP

### 1. Oznaczenia

$\gamma$ ciężar właściwy . . . . .	$kG/m^3$
$p$ ciśnienie . . . . .	$kG/cm^2$
$\tau$ czas . . . . .	$h, min, sek$
$E$ energia kinetyczna . . . . .	$kG m$
$\mu$ gęstość . . . . .	$kg/m^3$
$m$ masa . . . . .	$kg$
$N$ moc . . . . .	$kGm/sek$
$M$ moment . . . . .	$kG m$
$N$ napór . . . . .	$kG$
$Q$ natężenie przepływu . . . . .	$s/h, m^3/h$
$V$ objętość . . . . .	$s, m^3$
$F$ powierzchnia, przekrój . . . . .	$m^2$
$v$ prędkość . . . . .	$m/sek$
$a$ przyspieszenie . . . . .	$m/sek^2$
$P$ siła . . . . .	$kG$
$\Delta h$ spadek ciśnienia . . . . .	$m$
$h_s$ wysokość strat energetycznych . . . . .	$m$
$\zeta$ współczynnik oporu . . . . .	
$\alpha$ współczynnik zwężenia . . . . .	

1) na podstawie I. tomu „Podręcznika dla sprawdzających wodomierze”.

## 2. Określenia podstawowe

Płynami nazywamy ciała, których dowolnie wielka zmiana geometrycznej postaci da się wywołać siłami znikomo małymi. Płyny dzielimy na *ciecze* i *gazy*. Ciecze posiadają samoistną objętość i są mało ściśliwe. Naprężenia normalne w cieczech są z reguły *ciśnieniami*. Naprężenia styczne, stanowiące istotę tarcia wewnętrznego czyli *lepkości*, występują jedynie w czasie ruchu względnego cząstek cieczy. Fikcyjną ciecz, odznaczającą się nieściśliwością i zupełnym brakiem lepkości, nazywamy *cieczą doskonałą*.

### I. Hydrostatyka

*Hydrostatyka* zajmuje się prawami, jakim podlega ciecz, pozostająca w równowadze.

*Ciśnieniem* nazywamy stosunek nieskończenie małej siły do elementu powierzchni:

$$p = \frac{dP}{dF}. \quad [1]$$

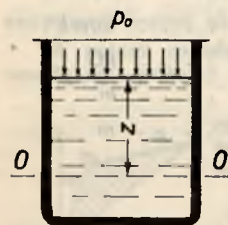
Jeżeli ciecz pozostająca w spoczynku jest poddana działaniu sił masowych i powierzchniowych, to wielkość ciśnienia na element płaski, umieszczony w dowolnym miejscu cieczy jest niezależna od orientacji elementu:

$$p_x = p_y = p_z = p. \quad [2]$$

#### 1. Prawo Pascal'a

Jeśli na ciecz działały tylko siły powierzchniowe, to ciśnienie musiałoby mieć jedną i tę samą wartość w każdym punkcie cieczy.

#### 2. Równowaga cieczy w polu ciężkości



Rys. 1.

Powierzchnię, w której powietrze atmosferyczne styka się z cieczą, nazywamy *powierzchnią swobodną* lub *zwierciadłem cieczy* (rys. 1). Ciśnienie, panujące w głębokości  $z$  pod zwierciadłem cieczy o ciężarze właściwym  $\gamma$ :

$$p = p_0 + \gamma z \quad [3]$$

równa się ciśnieniu atmosferycznemu  $p_0$ , powiększonemu o ciężar słupa cieczy o podstawie równej jednostki, a wysokości odpowiadającej głębokości uważanego punktu.

We wszystkich cząstkach cieczy, położonych w jednej i tej samej płaszczyźnie poziomej, ciśnienie jest jednakowe.

Wielkość  $\frac{p}{\gamma}$  nazywamy *wysokością ciśnienia*.

Wymiar wysokości ciśnienia:

$$\left[ \frac{p}{\gamma} \right] = \frac{kG/m^2}{kG/m^3} = m. \quad [4]$$

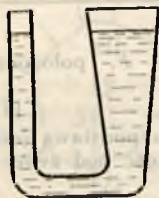
Przyrost wysokości ciśnienia równa się głębokości:

$$\frac{p}{\gamma} - \frac{p_0}{\gamma} = z. \quad [5]$$

1 atmosfera techniczna (*at*) jest równa ciśnieniu  $1 \text{ kG/cm}^2$ .  
1 atmosfera fizyczna (*atm*) jest równa  $1,033 \text{ kG/cm}^2$ . Wysokość ciśnienia dla wody o temperaturze  $4^\circ\text{C}$ , odpowiadająca *1 at*, wynosi:

$$\frac{p}{\gamma} = \frac{1 \text{ kG/cm}^2}{0,001 \text{ kG/cm}^3} = 1000 \text{ cm} = 10 \text{ m}.$$

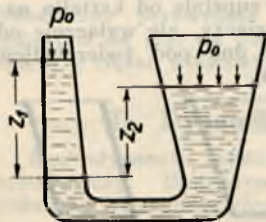
#### 4. Równowaga cieczy w naczyniach połączonych



Rys. 2.

Cząstki cieczy, należące do jednej nieprzerwanej masy ciekłej i znajdujące się w tej samej płaszczyźnie poziomej, podlegają jednakowemu ciśnieniu nawet wtedy, gdy płaszczyzna ta wychodzi poza obręb jednego naczynia.

Różnica poziomów napełnienia w naczyniach połączonych może zająć tylko wówczas, gdy ramiona naczynia są napełnione niemieszającymi się z sobą cieczami o różnych ciężarach właściwych.



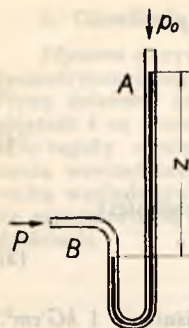
Rys. 3.

Stosunek wysokości słupów dwu cieczy, ponad płaszczyznę ich zetknięcia się, jest równy odwrotnemu stosunkowi ich ciężarów właściwych:

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}. \quad [6]$$

#### 5. Mierzenie ciśnień sposobem manometrycznym

Miary ciśnienia, wyrażone w odpowiadających danym ciśnieniom wysokościach słupa cieczy, nazywamy *miarami manometrycznymi*.



Rys. 4.

nemi. Wysokości ciśnień wyrażamy najczęściej zapomocą wysokości słupów wody lub rtęci.

Porównanie miar manometrycznych z miarami ciśnień w układzie technicznym.

$$1 \text{ atm} = 10,33 \text{ m s\lup\luga wody}$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kG/cm}^2 = 10 \text{ m s\lup\luga wody.}$$

Poniższa tabelka przedstawia wysokości s\lup\luga rtęci, odpowiadające 1 at technicznej, w zależności od temperatury.

$t$	C	0°	4°	10°	15°	20°	25°
$\text{mm Hg}$		735,54	736,00	736,88	737,55	738,22	738,88

## 6. Napór cieczy na ściany naczyń

Napór na ścianę poziomą o powierzchni  $F$ , położoną w głębokości  $z$  pod zwierciadłem cieczy:

$$N = \gamma z F \quad [7]$$

jest identyczny z ciężarem s\lup\luga cieczy, którego podstawą jest uważana powierzchnia, a wysokością jej głębokość pod zwierciadłem cieczy.

### Paradoks hydrostatyczny:

Napór na dno naczynia nie zależy zupełnie od kształtu naczynia, ani od ilości zawartej w niem cieczy, ale wyłącznie od ciężaru właściwego cieczy, głębokości dna pod zwierciadłem i od wielkości dna (twierdzenie Stevin'a).



Rys. 5.

Napór na dowolną figurę płaską, jest równy ciężarowi s\lup\luga cieczy, którego podstawą jest dana figura, a wysokością głębokość jej środka geometrycznego:

$$N = \gamma z_0 F \quad [8]$$

Środek naporu na płaską ścianę pochyłą leży zawsze głębiej niż środek geometryczny.

Składowa naporu na ścianę zakrzywioną, wzięta w dowolnym, byleby poziomym kierunku, równa się naporowi całkowitemu na rzut tej ściany na płaszczyznę prostopadłą do obranego kierunku poziomego.

Składowa pionowa naporu na dowolną powierzchnię równa się ciężarowi słupa cieczy, ograniczonego daną powierzchnią, tworzącymi pionowymi, przechodzącymi przez kontur uważanej powierzchni i zwierciadłem cieczy.

## 7. Równowaga ciał pływających

Wypadkowa z naporów elementarnych, jakim poddana jest powierzchnia zwilżona ciała, zanurzonego całkowicie lub częściowo w cieczy, jest równa naporowi całkowitemu.

**Zasada Archimedesas:**

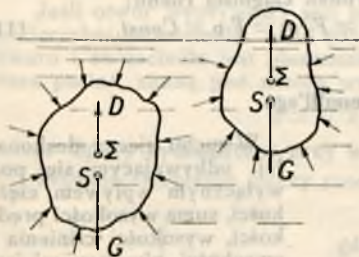
**Wypór**, t. j. wypadkowa z naporów elementarnych, jakich doznaje ciało zanurzone całkowicie lub częściowo, równoważy się z ciężarem wypartej cieczy.

Wypór hydrostatyczny:

$$D = V \gamma, \quad [9]$$

gdzie  $V$  oznacza objętość wypartej cieczy.

Jeśli ciężar ciała jest większy od wyporu  $G > D$ , ciało zanurzone w cieczy tonie, jeśli  $G < V\gamma$  — wypływa na wierzch. A zatem jeżeli  $\gamma' > \gamma$  ciało tonie, gdy  $\gamma' = \gamma$  unosi się w dowolnej głębokości, a gdy  $\gamma' < \gamma$ , wówczas wypór hydrostatyczny przewyższa ciężar ciała i powoduje częściowo wydobyć się jego na powierzchnię ( $\gamma'$  oznacza ciężar właściwy ciała, a  $\gamma$  ciężar właściwy cieczy).



Rys. 6.

drostatyczny przewyższa ciężar ciała i powoduje częściowo wydobyć się jego na powierzchnię ( $\gamma'$  oznacza ciężar właściwy ciała, a  $\gamma$  ciężar właściwy cieczy).

## II. Dynamika cieczy doskonałej

**Hydrodynamika** zajmuje się naukowym opisaniem przejawów ruchu cieczy. Hydrodynamikę dzielimy na **dynamikę cieczy doskonałej** i **dynamikę cieczy rzeczywistych**.

### 1. Zasady geometrii ruchu

Ruch chwilowy cząstki cieczy jest zeskładem ruchu obrotowego i ruchu postępowego w kierunku osi obrotu. Gdy ruch chwilowy poszczególnych cząstek cieczy jest postępowy, wówczas ruch cieczy nazywamy **niewirowym**. Gdy cząstki cieczy



obok ruchu postępowego wykonują i ruchy obrotowe, wówczas zachodzi *ruch wirowy*. Każdej cząstce poruszającej się cieczy przynależy *prędkość*, ponadto każdemu punktowi obszaru, wypełnionego płynącą cieczą, odpowiada pewne *ciśnienie*. Masie płynącej cieczy odpowiadają zatem dwa pola: *pole skalarne ciśnienia* i *pole wektorjalne prędkości*, zwane  *polem prądu*. Jeżeli pole prędkości nie ulega z czasem zmianie, wówczas ruch jest *ustalony*. Tor, jaki opisuje cząstka cieczy, nazywamy *linią prądu*. Wiązka linii prądu tworzy *strugę*.



Rys. 7.

## 2. Warunek ciągłości ruchu

Warunek ciągłości ruchu:

$$\rho_1 F_1 v_1 = \rho_2 F_2 v_2 = \rho F v = \text{Const.} \quad [10]$$

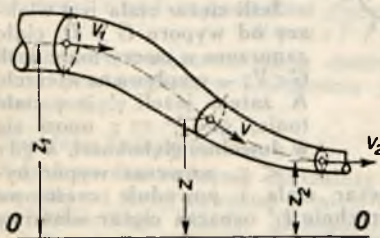
Jeżeli ciecz jest nieściśliwa:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = \text{Const.},$$

wówczas warunek ciągłości ruchu:

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 = F v = \text{Const.} \quad [11]$$

## 3. Równanie Daniela Bernoulli'ego



Rys. 8.

W ruchu cieczy doskonałej, odbywającym się pod wyłącznym wpływem ciężkości, suma wysokości prędkości, wysokości ciśnienia i wysokości niwelacyjnej jest w każdym punkcie jednej i tej samej strugi stała:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + z = \text{Const.} \quad [12]$$

Twierdzenie *D. Bernoulli'ego* można stosować jedynie do przepływu cieczy doskonałej oraz w przybliżeniu do ruchów swobodnych cieczy rzeczywistych.

## 4. Zjawiska ruchu swobodnego

Zjawiskami *ruchu swobodnego* nazywamy takie zjawiska, w których masa ciekła, pozostająca w ruchu, nie podlega w całej swej rozciągłości oddziaływaniu ścian stałych.

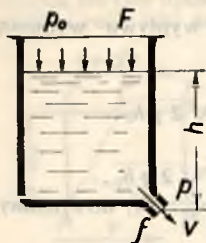
## 5. Wypływ ustalony przez mały otwór w dużym zbiorniku

Prędkość wypływu:

$$v = \sqrt{\frac{\frac{2g}{h} + \left(\frac{p_0 - p}{\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{f}{F}\right)^2}} \quad [13]$$

Rozporządzalna wysokość ciśnienia:

$$H = h + \frac{p_0}{\gamma} - \frac{p}{\gamma} \quad [14]$$



Rys. 9.

Prędkość wypływu:

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1 - \left(\frac{f}{F}\right)^2}} \quad [15]$$

Jeśli otwór wypływowy jest bardzo mały w porównaniu do powierzchni zwierciadła, oraz gdy różnica pomiędzy poziomami otworu i zwierciadła jest nieznaczna, wówczas wzór [15] przybiera postać, znaną pod nazwą wzoru *Torricelli'ego*:

$$v = \sqrt{2gh} \quad [16]$$

## 6. Opory hydrauliczne przy wypływie cieczy rzeczywistych

Prędkość wypływu cieczy rzeczywistej:

$$v = \varphi \sqrt{2gh} \quad [17]$$

gdzie  $\varphi$  jest *spółczynnikiem oporu*.  
Natężenie wypływu cieczy doskonałej:

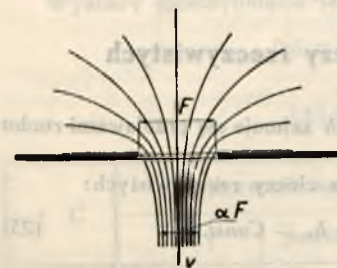
$$Q = Fv,$$

Przy wypływie cieczy rzeczywistych następuje *zwężenie strugi*; przekrój strugi zmniejsza się w stosunku  $\alpha$ , zwanym *spółczynnikiem zwężenia*.

Natężenie wypływu:

$$Q = \varphi \sqrt{2gh} \cdot \alpha F, \quad [18]$$

$$Q = \mu F \sqrt{2gh} \quad [19]$$



Rys. 10.

Iloczyn  $\alpha\varphi = \mu$  zwiemy *spółczynnikiem wypływu*. Wartość współczynnika wypływu zależy przede wszystkim od kształtu otworu.

Dla otworów o ostrych krawędziach:

$$\alpha = 0,61 \div 0,64,$$

$$\varphi = 0,97,$$

$$\mu = 0,59 \div 0,62.$$

### 7. Zależności, zachodzące pomiędzy natężeniami wypływu, a wysokościami napełnienia zbiornika

Przy wysokościach  $h_1$  i  $h_2$  prędkości wypływu wynoszą  $v_1$  i  $v_2$ , a współczynniki oporu  $\varphi_1$  i  $\varphi_2$ .

Średnie prędkości wypływu:

$$v_1 = \varphi_1 \sqrt{2 g h_1}, \quad v_2 = \varphi_2 \sqrt{2 g h_2}.$$

Natężenia wypływu:

$$Q_1 = \mu_1 F \sqrt{2 g h_1}, \quad Q_2 = \mu_2 F \sqrt{2 g h_2}.$$

Zakładając w przybliżeniu, iż:  $\varphi_1 = \varphi_2$ ,  $\mu_1 = \mu_2$ , otrzymamy równanie:

$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}, \quad [20]$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}. \quad [21]$$

Równanie [21] jest znane pod nazwą *formuły de Chézy'ego*.

### 8. Czas wypływu cieczy ze zbiornika

Czas opróżnienia zbiornika o niezmiennym przekroju poziomym:

$$t = \frac{F}{\mu f} \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ sek.} \quad [22]$$

W wzorze powyższym  $F$  oznacza przekrój poziomy zbiornika,  $f$  przekrój swobodny otworu w dnie,  $h$  wysokość zwierciadła cieczy ponad dnem,  $g$  przyspieszenie ziemskie.

## III. Dynamika cieczy rzeczywistych

### 1. Wiadomości wstępne

*Dynamika cieczy rzeczywistych* zajmuje się przejawami ruchu cieczy rzeczywistych.

Równanie *D. Bernoulli'ego* dla cieczy rzeczywistych:

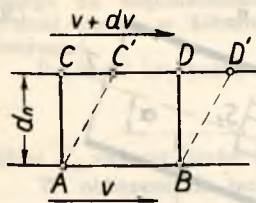
$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + h + h_s = \text{Const.} \quad [23]$$

Wielkość  $h_s$  nazywamy *wysokością strat energetycznych*.

### 2. Ruch uwarstwiony

Pomiędzy cząstkami cieczy rzeczywistych działają oprócz naprężeń normalnych *natężenia styczne*, stanowiące istotę *lepkości*. Lepkość powoduje powstawanie oporów przy ruchu względnym warstewek cieczy, a zarazem umożliwia powstawanie ruchów pobocznych, które występują po przekroczeniu *prędkości kry-*

tycznej  $v_k$ . Jeśli ciecz porusza się z prędkością  $v < v_k$ , występują jedynie opory, przeciwdziałające zsuwaniu się warstewek cieczy; ruch taki nazywamy *uwarstwionym (laminarnym)*.



Rys. 11.

*Elementarne prawo Newtona* określa zależność natężenia stycznego od spadku prędkości w kierunku normalnym do kierunku ruchu:

$$\tau = -\eta \frac{dv}{dn}. \quad [24]$$

Spółczynnik  $\eta$  nazywa się *spółczynnikiem tarcia wewnętrzznego* lub *spółczynnikiem lepkości*.

Zależność współczynnika lepkości wody od temperatury:

$$\eta = \frac{0,013}{1 + 0,02884 t + 0,000188 t^2}. \quad [25]$$

*Spółczynnik zawiesistości* czyli *spółczynnik lepkości kinematycznej*:

$$\Lambda = \frac{\eta}{\mu}. \quad [26]$$

Zależność współczynnika zawiesistości wody od temperatury:

$$\Lambda = \frac{0,0178}{1 + 0,033679 t + 0,00022099 t^2}. \quad [27]$$

dla temperatur od 0 do 100 C.

Wymiary współczynników lepkości:

$$[\eta] = \frac{kG \text{ sek}}{m^2}. \quad [28]$$

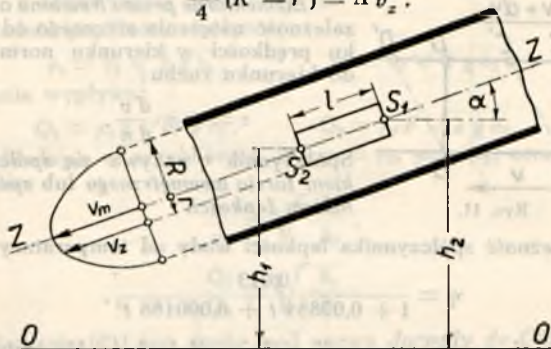
$$[\Lambda] = \frac{m^2}{\text{sek}}. \quad [29]$$

t C	Spółczynnik zawiesistości $\Lambda$ w $cm^2/sek$ dla			
	wody	powietrza	rtęci	oliwy
0	0,0178	0,145	0,00124	—
10	0,0131	0,155	0,00120	—
20	0,0101	0,165	0,00117	2,56
30	0,0081	0,177	0,00113	2,26
40	0,0067	0,190	0,00110	2,00
50	0,0055	0,203	0,00106	1,78

### 3. Równanie ruchu uwarstwionego

Równanie, określające rozkład prędkości przy ruchu uwarstwionym:

$$\frac{g J}{4} (R^2 - r^2) = \Delta v_z. \quad [30]$$



Rys. 12.

Powierzchnia prędkości posiada kształt paraboloidy obrotowej.

Prędkość maksymalna:

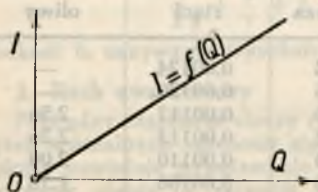
$$v_{max} = \frac{g J}{4 \Delta} R^2.$$

Spadek hydrauliczny:

$$J = \frac{1}{l} \left[ \left( h_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right) - \left( h_2 + \frac{p_2}{\gamma} \right) \right]. \quad [31]$$

Nalężenie przepływu w prostoosiowej rurze o kołowym przekroju jest proporcjonalne do spadku hydraulicznego i do czwartej potęgi promienia, a odwrotnie proporcjonalne do współczynnika zawieszności:

$$Q = \frac{g J}{8 \Delta} R^4 \pi. \quad [32]$$



Rys. 13.

Średnia prędkość przepływu

$$v_s = \frac{g J}{8 \Delta} R^2 = \frac{v_{max}}{2}.$$

Charakterystyka przepływu

$J = f(Q)$  jest linią prostą.

#### 4. Ruch burzliwy

Gdy średnia prędkość przepływu przekroczy *prędkość krytyczną*, ruch uwarstwiony przechodzi w burzliwy, którego istota polega na współistnieniu ruchu głównego, przemieszczającego cząstki cieczy w kierunku ruchu z subtelnymi drganiami pobocznymi.

Prędkość krytyczną wyznacza się z wzoru *Reynolds'a*:

$$\frac{v_k r}{\Lambda} = R_k, \quad [33]$$

gdzie  $R_k$  zwiemy *liczbą Reynolds'a*.

W obliczeniach technicznych przyjmujemy:  $R_k = 1000$ ; po przekroczeniu tej wartości ruch uwarstwiony przechodzi w burzliwy.

Równanie ruchu burzliwego:

$$r g J + 2 \Lambda \frac{dv_z}{dr} + 2 v_z v'_r = 0. \quad [34]$$

Opór dodatkowy, wynikający z istnienia ruchu pobocznego, jest proporcjonalny do iloczynu  $v_z v'_r$ , a zatem do kwadratu średniej prędkości przepływu:

$$W = f(v_z v'_r) = f(v_s^2). \quad [35]$$

#### 5. Prawo hydromechanicznego podobieństwa

Dwa przepływy są do siebie podobne, jeśli liczba *Reynolds'a* ma w obu porównywanych przepływach tę samą wartość:

$$\frac{v_1 r_1}{\Lambda_1} = \frac{v_2 r_2}{\Lambda_2}. \quad [36]$$

Przepływy podobne charakteryzują się ponadto równą wartością wyrażen  $\frac{Jr}{v}$ :

$$\frac{J_1 r_1}{v_1} = \frac{J_2 r_2}{v_2}. \quad [37]$$

#### 6. Formuła de Chézy'ego

Z równania ruchu burzliwego wynika, iż opory hydrauliczne przy przepływie burzliwym są proporcjonalne do kwadratu średniej prędkości przepływu:

$$\frac{W_1}{W_2} = \left( \frac{v_{s1}}{v_{s2}} \right)^2. \quad [38]$$

Ponieważ opory hydrauliczne są proporcjonalne do spadków ciśnienia:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}, \quad [39]$$

przeto:

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \left( \frac{v_{s1}}{v_{s2}} \right)^2 \quad [40]$$

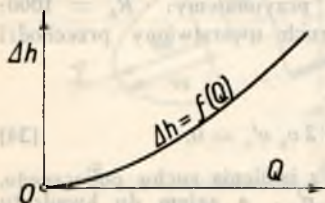
Zakładając:  $Q_1 = F v_1$   $Q_2 = F v_2$ , otrzymamy:

$$\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2} = \left( \frac{Q_1}{Q_2} \right)^2 \quad [41]$$

lub:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}} \quad [42]$$

Powyższą zależność zwiemy formułą de Chézy'ego.



Rys. 14.

Przy przepływach, odbywających się w jednej i tej samej rurze przy spadkach ciśnienia  $\Delta h_1$  i  $\Delta h_2$ , mierzonych w tych samych przekrojach, natężenia przepływu są proporcjonalne do pierwiastków kwadratowych ze spadków ciśnienia.

Charakterystyka przepływu przy ruchu burzliwym jest parabolą.

## IV. Hydraulika

Hydraulika jest nauką empiryczną, będącą zbiorem formuł doświadczalnych, oraz opartych na nich teorii hydraulicznych.

### 1. Ruch cieczy w przewodach zamkniętych

#### A. Opory hydrauliczne przy przepływie przez przewody prostoosiowe.

Przy ustalonym ruchu burzliwym cieczy rzeczywistej przez prostoosiowy przewód o kołowym przekroju, spadek hydrauliczny jest wprost proporcjonalny do kwadratu średniej prędkości przepływu, odwrotnie proporcjonalny do średnicy przewodu; ponadto zależy od  $l$ . zw. współczynnika oporu:

$$J = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2g} \quad [43]$$

Przy ruchu ustalonym przez przewód prostoosiowy o niezmiennym przekroju siły czynne zużywają się na pokonanie oporów:  $h_s = J l$ .

Wzór Weisbach'a:

$$h_s = J l = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad [44]$$

określa wysokość strat energetycznych w prostoosiowej rurze o kołowym przekroju na długości  $l$ .

W obliczeniach przybliżonych przyjmujemy według Dupuit'a i de Chézy'ego:  $\lambda = 0,03$ .

W obliczeniach dokładniejszych stosujemy wzory empiryczne Lang'a, Mises'a i inne.

### Obliczenie współczynnika oporu.

Wzór Lang'a:

$$\lambda = \alpha + \frac{0,0018}{\sqrt{v d}} \quad [45]$$

( $d$  oznacza średnicę rury w  $m$ ,  $v$  średnią prędkość przepływu w  $m/sec$ , a współczynnik  $\alpha$  stałą, zależną od materiału przewodu).

Dla rur metalowych ciągnionych:  $\alpha = 0,012$ , dla rur żeliwnych i spawanych:  $\alpha = 0,02$ .

Wzór Mises'a:

$$\lambda = 0,01 + \sqrt{\frac{\kappa}{d}} + 1,7 \sqrt{\frac{\Lambda}{v d}}, \quad [46]$$

w którym  $d$  oznacza średnicę przewodu w  $m$ ,  $v$  średnią prędkość przepływu w  $m/sec$ ,  $\Lambda$  współczynnik zawieszistości w  $m^2/sec$ , a  $\kappa$  współczynnik chropowatości.

Współczynnik chropowatości		
Materiał	$10^8 \kappa$	$10^4 \sqrt{\kappa}$
Szko . . . . .	6,4 ÷ 25,6	2,53 ÷ 5,06
Mosiądz, ołów, miedź (ciągnione)	6,4 ÷ 32,0	2,53 ÷ 5,66
Wyprawa cementowa gładka . . .	240 ÷ 480	15,5 ÷ 22,0
„ „ chropowata .	640 ÷ 1280	25,0 ÷ 36,0
Wąż gumowy zwykły . . . . .	200 ÷ 400	14,4 ÷ 20,0
„ „ chropowaty . . . . .	480 ÷ 960	22,0 ÷ 31,0
Rura gazowa . . . . .	640 ÷ 1600	25,3 ÷ 40,0
„ żeliwna nowa . . . . .	3200 ÷ 6400	56,6 ÷ 80,0
„ „ używana . . . . .	8000 ÷ 16000	89,4 ÷ 126,5

### B. Opory hydrauliczne, spowodowane okolicznościami przypadkowymi ruchu.

Wysokość strat energetycznych:

$$h_s = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad [47]$$

Współczynnik oporu  $\zeta$  wyraża się wzorami empirycznymi, których postać zależy od warunków normujących ruch.

Strata energii przy łagodnym zmniejszeniu się przekroju.

W obliczeniach technicznych przyjmujemy:  $\zeta = 0$ .



## Strata energii przy łagodnym zwiększeniu się przekroju.

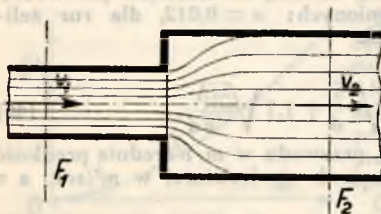


Rys. 15.

Straty energetyczne w przewodzie rozszerzającym się stożkowo określa wzór *Fliegner'a*:

$$h_s = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \sin \delta, \quad [48]$$

ważny dla kątów  $\delta \leq 10^\circ$ .



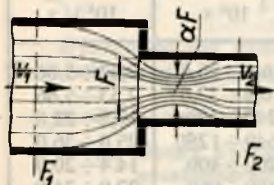
Rys. 16.

Strata energii przy nagłym zwiększeniu się przekroju.

Wzór *Bordy*:

$$h_s = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}. \quad [49]$$

## Straty energii przy nagłym zmniejszeniu się przekroju.



Rys. 17.

Wysokość strat energetycznych:

$$h_s = \zeta \frac{v_2^2}{2g}. \quad [50]$$

Spółczynnik oporu:

$$\zeta = \zeta_0 + \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2, \quad [51]$$

przyczem:

$$\zeta_0 = 0,04.$$

Przy  $\frac{F_2}{F_1} \leq 0,1$  współczynniki zwężenia:

$\alpha = 0,62 \div 0,64$  przy ostrej krawędzi,

$\alpha = 0,7 \div 0,9$  przy lekko zaokrąglonej krawędzi,

$\alpha = 0,99$  przy gładkiej i silnie zaokrąglonej krawędzi.

Przy  $\frac{F_2}{F_1} > 0,1$  zależność współczynników  $\alpha$  i  $\zeta$  od stosunku

$\frac{F_2}{F_1}$  podaje tablica, ułożona na podstawie doświadczeń *Weisbach'a*.

$\frac{F_2}{F_1}$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$\alpha$	0,60	0,61	0,62	0,65	0,70	0,77	1,00
$\zeta$	0,48	0,45	0,415	0,33	0,23	0,13	0,00

### Straty energii przy wlocie do przewodu.

Dla przewodu o krawędziach ostrych:  $\zeta = 0,5$ . Dla przewodów o krawędziach łagodnie zakrzywionych

$$\zeta = 0,06 \div 0,005,$$

zależnie od prawidłowości ukształtowania wlotu i chropowatości ścian.

Dla przewodu, którego początek stanowi wewnętrzna przystawka:

$$\zeta = 0,56 \div 3,0.$$

Dla przewodu, przytwierdzonego do zbiornika wzgl. do przewodu o większej średnicy pod kątem:

$$\zeta = 0,5 + 0,3 \sin \delta + 0,2 \sin^2 \delta. \quad [52]$$

### Wpływ cieczy przez poziomą przystawkę cylindryczną.

Natężenie wypływu:

$$Q = 0,85 F \sqrt{2gh}. \quad [53]$$

Przy wypływie przez otwór okrągły o ostrych krawędziach natężenie wypływu:

$$Q' = 0,62 F \sqrt{2gh}. \quad [54]$$

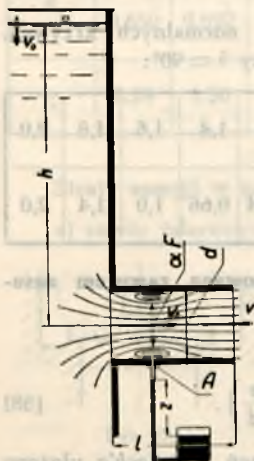
Zwiększenie natężenia wypływu, spowodowane zastosowaniem przystawki:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{0,85}{0,62} = 1,37. \quad [55]$$

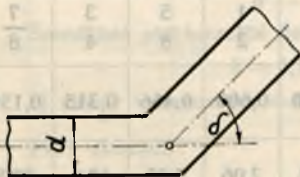
### Strata energii w załomie rury.

Spółczynnik oporu:

$$\zeta = \sin^2 \frac{\delta}{2} + 2 \sin^4 \frac{\delta}{2}. \quad [56]$$



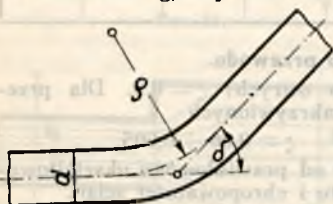
Rys. 18.



Rys. 19.

$\delta$	20	40	60	80	90	100	120
$\zeta$	0,03	0,14	0,37	0,75	1,00	1,27	1,87

Strata energii wywołana zakrzywieniem rury.



Rys. 20.

$$\zeta = 0,13 + 0,16 \left( \frac{d}{\rho} \right)^{3,5} \frac{\delta}{90^\circ}.$$

[57]

Dla normalnych krzywek,  
t. j. przy  $\delta = 90^\circ$ :

$\frac{d}{\rho}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$\zeta$	0,13	0,14	0,16	0,2	0,3	0,44	0,66	1,0	1,4	2,0



Rys. 21.

Strata energii spowodowana zaworem zasuwowym.

Spółczynnik oporu:

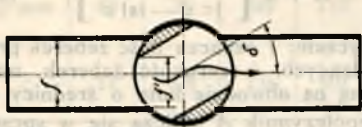
$$\zeta = f \left( \frac{x}{d} \right).$$

[58]

Na podstawie doświadczeń Weisbach'a ułożono tablicę, w której  $f$  oznacza pełny przekrój,  $f'$  przekrój swobodny, odpowiadający otwarciu  $x$ .

$\frac{x}{d}$	0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{f'}{f}$	1	0,948	0,856	0,740	0,609	0,466	0,315	0,159
$\zeta$	0	0,07	0,26	0,81	2,06	5,52	17,0	97,8

Strata ciśnienia, spowodowana kurkiem, umieszczonym w rurze o przekroju kołowym.



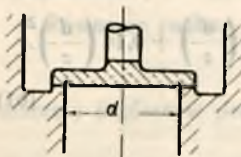
Rys. 22.

Spółczynnik oporu określa tablica liczbowa, ułożona na podstawie doświadczeń *J. Weisbach'a*, w której  $f$  oznacza przekrój rury,  $f'$  przekrój przełotowy kurka w położeniu, określonym kątem  $\delta$ .

$\delta$	$10^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$60^\circ$	$65^\circ$	$82\frac{1}{8}^\circ$
$\frac{f'}{f}$	0,850	0,692	0,535	0,385	0,250	0,137	0,091	0
$\zeta$	0,29	1,56	5,47	17,3	52,6	206	486	$\infty$

Straty energii w zaworach wzniosowych.

a) zawór talerzowy bez dolnego prowadzenia.



Rys. 23.

Przy skokach:

$$z = \frac{d}{10} \div \frac{d}{4}$$

spółczynnik oporu:

$$\zeta = A + B \left( \frac{d}{z} \right)^2, \quad [59]$$

przyczem:

$$A = 0,55 + \frac{4(b - 0,1d)}{d} \quad B = 0,15 \div 0,16.$$

Szerokość powierzchni doszczelniającej:

$$b = 0,1d \div 0,25d,$$

b) zawór talerzowy z dolnym prowadzeniem.

Przy skokach:

$$z = \frac{d}{8} \div \frac{d}{4}.$$

Spółczynnik oporu:

$$\zeta = A + B \left[ \frac{\pi d^2}{(\pi d - is) z} \right]^2 \quad [60]$$

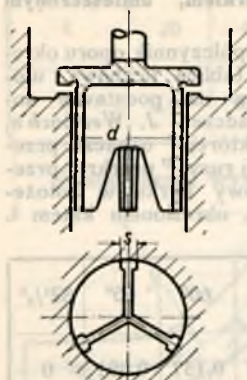
przyczem:  $i$  oznacza ilość żeberek prowadzących,  $s$  szerokość żeberek, mierzona na obwodzie koła o średnicy  $d$ .

Spółczynnik  $A$  oblicza się w sposób identyczny, jak poprzednio, dodając do wartości w ten sposób obliczonych  $0,8 \div 1,6$ , zależnie od stosunku zmniejszenia swobodnego przekroju gniazda przez żeberka prowadzące o  $13 \div 20\%$ .

Wzór [60] jest ważny przy:

$$b = \frac{d}{10} \div \frac{d}{4}$$

Spółczynnik  $B = 0,15 \div 0,16$ .



Rys. 24.

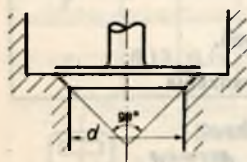
c) zawór stożkowy z dolną powierzchnią płaską:

Przy skokach:

$$z = 0,1 d \div 0,25 d$$

spółczynnik oporu:

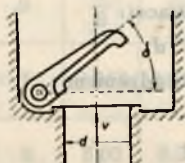
$$\zeta = 2,6 - 0,8 \left( \frac{d}{z} \right) + 0,14 \left( \frac{d}{z} \right)^2$$



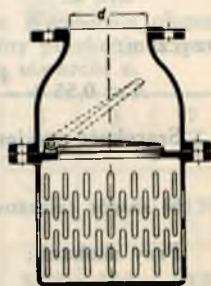
Rys. 25.

d) klapa.

$\delta$	$15^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$
$\zeta$	90	62	30	9,5	3,2	1,7



Rys. 26.



Rys. 27.

## Straty energii w smoku, zaopatrzonym w klapę zwrotną.

<i>d mm</i>	40	70	100	150	200	300	500	750
$\zeta$	12	8,5	7,0	6,0	5,2	3,7	2,5	1,6

### 2. Ruch cieczy w korytach otwartych

*Koryta otwarte* dzielimy na sztuczne i naturalne. *Obwodem zwilżonym* nazywamy krzywą przecięcia się płaszczyzny, prostopadłej do osi geometrycznej rzeki wzgl. kanału, z korytem. Stosunek przekroju normalnego  $F$  do obwodu zwilżonego  $U$  określamy mianem *promienia hydraulicznego*:

$$R = \frac{F}{U}. \quad [62]$$

Opory ruchu są wprost proporcjonalne do kwadratu średniej prędkości przepływu, odwrotnie proporcjonalne do promienia hydraulicznego, zależą ponadto od chropowatości łożyska:

$$W = \rho \frac{v^2}{2} \cdot \frac{1}{R}. \quad [63]$$

Spółczynnik doświadczalny  $\rho$  nazywamy *spółczynnikiem chropowatości*.

Równanie ruchu:

$$gJ = \rho \frac{v^2}{2} \cdot \frac{1}{R} \quad [64]$$

możemy napisać w postaci:

$$v = k \sqrt{JR}, \quad [65]$$

znanej pod nazwą wzoru *Tadini'ego, de Chézy'ego i Eytelwein'a*.

Spółczynnik  $k$  określa formuła *Bazin'a*:

$$k = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}}, \quad [66]$$

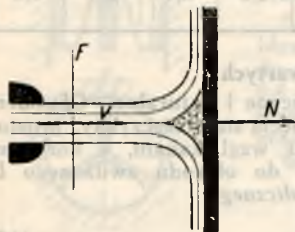
przyczem stała  $c$  wynosi dla ścian:

z gładkiej wyprawy cementowej lub heblowanego	
drzewa . . . . .	0,06
z drzewa, kamieni ciosowych . . . . .	0,16
z kamienia łamanego . . . . .	0,46
z ziemi (dobrze utrzymanych) . . . . .	0,85
z ziemi (źle utrzymanych) . . . . .	1,30
z głazów . . . . .	1,72

### 3. Napór hydrodynamiczny

*Naporem hydrodynamicznym* nazywamy siłę, jaką swobodny strumień wywiera na zaporę, wstawioną w linię jej działania.

a) Napór hydrodynamiczny na ścianę płaską, prostopadłą do kierunku strumienia.



Rys. 28.

$$N = \frac{\gamma}{g} Q v = \mu Q v, \quad [67]$$

$$N = \frac{\gamma}{g} F v^2 = \mu F v^2. \quad [68]$$

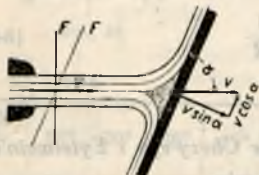
Jeśli ściana płaska, prostopadła do kierunku strumienia, porusza się w kierunku zgodnym z prędkością strumienia ruchem postępowym prostoliniowym ze stałą szybkością unoszenia  $u$ , wówczas napór hydrodynamiczny:

$$N = \mu Q (v - u) = \frac{\gamma}{g} F (v - u)^2. \quad [69]$$

Gdy zapora porusza się pod prąd, wówczas napór:

$$N = \frac{\gamma}{g} F (v + u)^2. \quad [70]$$

b) Napór hydrodynamiczny na ścianę płaską, nachyloną do kierunku strumienia.



Rys. 29.

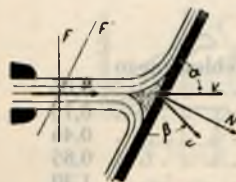
Składowa normalna naporu:

$$N_v = \mu F v \sin \alpha. \quad [71]$$

Jeśli ściana nachylona pod kątem  $\alpha$  do kierunku strugi porusza się z prędkością  $u$  w kierunku strumienia, wówczas napór hydrodynamiczny:

$$N_v = \mu F (v - u)^2 \sin \alpha. \quad [72]$$

Jeśli ściana, nachylona pod kątem  $\alpha$  do strumienia porusza się ruchem postępowym prostoliniowym ze stałą prędkością  $u$  w kierunku, nachylonym do płaszczyzny ściany pod kątem  $\beta$ , wtedy napór hydrodynamiczny:



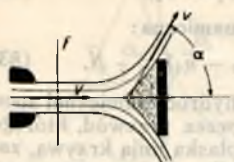
Rys. 30.

$$N = \mu Q (v \sin \alpha - u \sin \beta), \quad [73]$$

$$N = \mu \frac{F (v \sin \alpha - u \sin \beta)^2}{\sin \alpha}, \quad [74]$$

Wzór [74] określa napór hydrodynamiczny w najogólniejszym wypadku.

c) Napór hydrodynamiczny na ściany płaskie i zakrzywione o powierzchni niewiele większej od przekroju strumienia.



Rys. 31.

Napór hydrodynamiczny na płytkę okrągłą, prostopadłą do kierunku strumienia:

$$N = \mu Q (v_1 - v_2 \cos \alpha). \quad [75]$$

Ponieważ dla cieczy doskonałej:

$$v_1 = v_2 = v, \quad \text{przeto:}$$

$$N = \mu Q v (1 - \cos \alpha). \quad [76]$$

Napór na powierzchnię obrotową wypukłą:

$$N = \mu Q v (1 - \cos \alpha) = \mu F v^2 (1 - \cos \alpha). \quad [77]$$

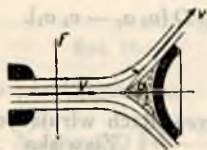
Napór na powierzchnię wklęsłą:

$$N = \mu F v^2 (1 + \cos \beta), \quad [78]$$

przyczem:  $\beta = 180^\circ - \alpha$ .

Napór maksymalny przy  $\beta = 0$ :

$$N = 2 \mu F v^2. \quad [79]$$



Rys. 32.



Rys. 33.

#### 4. Reakcja hydrodynamiczna

a) Reakcja hydrodynamiczna przy wypływie cieczy z naczynia jest to oddziaływanie, jakie strumień ten wywiera na ścianki naczynia.

Reakcja hydrodynamiczna:

$$N_h = \frac{\gamma}{g} Q v = \frac{\gamma}{g} F v^2. \quad [80]$$

Wprowadzając zależność:

$$\frac{v^2}{2g} = h$$

otrzymamy:

$$N_h = 2 \gamma h F. \quad [81]$$

Reakcja hydrodynamiczna strumienia o przekroju  $F$ , wypływającego z prędkością  $v = \sqrt{2gh}$ , jest równa naporowi hydrostatycznemu, wywieranemu przez słup wody o podstawie  $F$  a wysokości  $2h$ .



b) Reakcja hydrodynamiczna w przewodach nieruchomych.  
 Napór hydrodynamiczny:  $\bar{N} = \mu Q (\bar{v}_1 - \bar{v}_2)$ . [82]

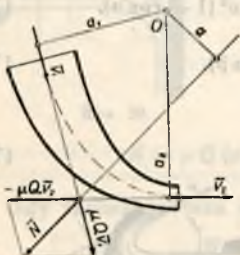


Rys. 34.

Reakcja hydrodynamiczna:

$$\bar{R} = \mu Q (\bar{v}_2 - \bar{v}_1) = -\bar{N}. \quad [83]$$

Wielkość reakcji hydrodynamicznej strumienia, płynącego przez przewód, którego linia środkowa jest płaską linią krzywą, zależy wyłącznie od całkowitej geometrycznej zmiany prędkości na wlocie i wylotcie a zatem od stanów ruchu przy wejściu i wyjściu.



Rys. 35.

Moment reakcji hydrodynamicznej:

$$M = Na = \mu Q (v_1 a_1 - v_2 a_2) \quad [84]$$

Moment reakcji przewodu:

$$M_R = \mu Q (v_2 a_2 - v_1 a_1). \quad [85]$$

c) Reakcja hydrodynamiczna w przewodach wirujących.

Zjawiska reakcji hydrodynamicznej w przewodach wirujących zachodzą w kanałach, utworzonych przez łopatki turbin wodnych.

Moment reakcji hydrodynamicznej w turbinie, pozostającej w spoczynku:

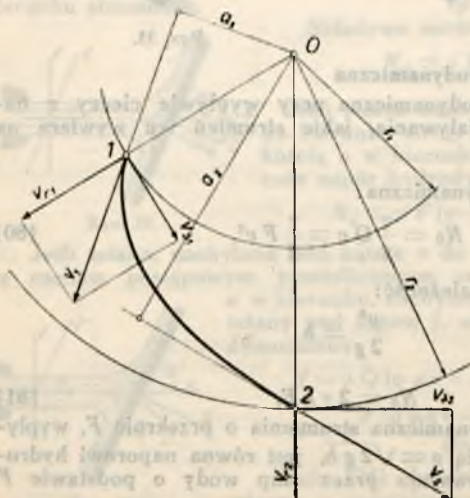
$$M = \mu Q (v_1 a_1 - v_2 a_2). \quad [86]$$

Uwzględniając zależności:

$$v_1 a_1 = v_{g1} r_1$$

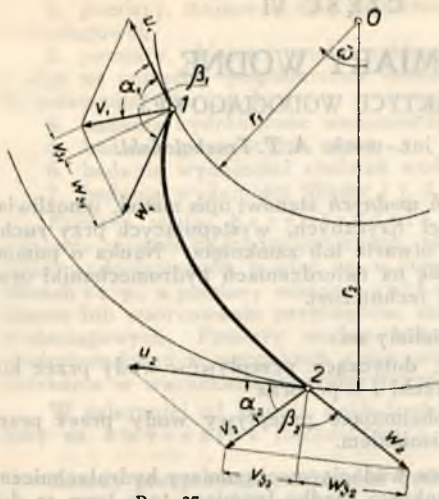
$$v_2 a_2 = v_{g2} r_2$$

otrzymamy:  $M = \mu Q \cdot (v_{g1} r_1 - v_{g2} r_2)$ .



Rys. 36.

[87]



Rys. 37.

Moment obrotowy, spowodowany reakcją wody, płynącej od wnętrza turbiny na zewnątrz pomiędzy łopatkami:

$$M = \mu Q (r_1 v_1 \cos \alpha_1 - r_2 v_2 \cos \alpha_2) \quad [88]$$

Jest to *podstawowe równanie turbin wodnych*, wprowadzone przez *L. Eulera*.

Moc reakcji hydrodynamicznej:

$$N_{HP} = \mu Q (v_1 u_1 \cos \alpha_1 - v_2 u_2 \cos \alpha_2). \quad [89]$$

Po przekształceniu:

$$N_{HP} = \mu Q \left( \frac{v_1^2 + u_1^2 - w_1^2}{2} + \frac{w_2^2 - v_2^2 - u_2^2}{2} \right)$$

$$N_{HP} = \gamma Q \left( \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} \right). \quad [90]$$

W wzorze powyższym wyrażenie  $\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$  oznacza przyrost energii, odniesionej do jednostki masy, który uzyskujemy wskutek zmiany prędkości  $v_1$  na  $v_2$ .

Wyraz  $\frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$  przedstawia energję odniesioną do jednostki masy, którą trzeba zużyć na wprowadzenie cząstek cieczy w ruch obrotowy.

Wyraz  $\frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$  jest dodatni, jeśli w obrębie przewodu, ograniczonego łopatkami turbiny, zachodzi przyrost prędkości, spowodowany spadkiem ciśnienia.

## CZĘŚĆ VI

# POMIARY WODNE

## W PRAKTYCE WODOCIĄGOWEJ

opracował inż.-mech. A. T. Troskołański.

Nauka o  *pomiarach wodnych*  stanowi opis metod, umożliwiających pomiar wielkości fizycznych, występujących przy ruchu wody przez przewody otwarte lub zamknięte. Nauka o pomiarach wodnych opiera się na twierdzeniach hydromechaniki oraz na zasadach metrologji technicznej.

*Pomiary wodne*  dzielimy na:

- a)  *hydrotechniczne* , dotyczące przepływów wody przez koryta otwarte, kanały, rzeki i t. p., oraz
- b)  *wodociągowe* , obejmujące przepływy wody przez przewody zamknięte pod ciśnieniem.

Ponieważ w praktyce wodociągowej pomiary hydrotechniczne przeprowadza się stosunkowo rzadko (pomiary tego typu są dokonywane niemal wyłącznie w ujęciu wód wodociągowych), przeto ograniczymy się do opisu metod pomiarowych, stosowanych przy przepływie wody przez przewody zamknięte pod ciśnieniem.

W  *pomiarach wodnych*  wyznacza się doświadczalnie następujące wielkości:

1. wielkości linjowe (wymiary przewodów, wysokości niwelacyjne, wysokości napełnienia, i t. p.),
2. czas,
3. prędkość (prędkości miejscowe i średnie prędkości przepływu),
4. ciśnienie (ciśnienie hydrostatyczne, ciśnienie statyczne i dynamiczne w przewodach, ożywionych prądem, spadek ciśnienia w obrębie organów deprimogenicznych, jak np. zaworów, kurków, wodomierzy, i t. p., spadek ciśnienia mierniczeg w wodomierzach zwężkowych, stratę ciśnienia w rurociągach i t. d.),
5. objętość, przez pomiar napełnienia zbiornika wzorcowanego lub przez ważenie masy wody, lub też zapomocą metod pośrednich,
6. natężenie przepływu, t. j. objętość przepływająca lub wpływająca przez przekrój swobodny w jednostce czasu.

*Pomiary wodne* , przeprowadzane w praktyce wodociągowej, dzielimy na następujące grupy:

1. pomiary objętości i natężenia przepływu w głównych przewodach, zasilających miejską sieć wodociągową,

2. pomiary, mające na celu ustalenie rozplywu wody w sieci wodociągowej,

3. pomiary objętości wody, oddawanej na cele użytkowe, a więc na potrzeby gospodarstwa domowego, na cele higieny, do polewania ulic, i t. d.,

4. badania hydrauliczne wodomierzy,

5. badania gwarancyjne pomp,

6. badania wydajności studzien wodociągowych,

7. badania wydajności filtrów i t. d.

*Pomiary wodne* bezpośrednio mają na celu ilościowe ustalenie zjawisk hydrodynamicznych, zachodzących w urządzeniach wodociągowych, a więc np. w rurach, zaworach, pompach, filtrach i t. p., a pomiary wodne kontrolne polegają na sprawdzeniu lub wzorcowaniu przyrządów, stosowanych w pomiarach wodociągowych. Pomiary wodne bezpośrednie są najczęściej przeprowadzane w warunkach rzeczywistych ruchu, a pomiary pośrednie w warunkach laboratoryjnych.

W zależności od stopnia dokładności *pomiary wodne* dzielimy na *z w y c z a j n e* (techniczne) i *d o k ł a d n i e j s z e*.

### **Zasady przeprowadzania badań hydraulicznych.**

Przy przeprowadzaniu *badania hydraulicznych* należy przestrzegać następujących zasad:

1. Badania hydrauliczne powinny być przeprowadzane w warunkach rzeczywistych lub też w warunkach laboratoryjnych, możliwie zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy danego urządzenia wodociągowego;

2. Urządzenia wodociągowe powinny być sprawdzane pod takim w przybliżeniu ciśnieniem, pod jakim w przyszłości będą działać;

3. Należy o ile możności stosować bezpośrednie metody miernicze, celem uniknięcia przypadkowych i systematycznych błędów pomiaru;

4. Stany przyrządów sprawdzanych oraz stany przyrządów, których wskazania stanowią układ odniesienia, powinny być odczytywane z możliwą do osiągnięcia dokładnością;

5. Okres sprawdzania powinien wynosić co najmniej trzy minuty;

6. Należy unikać systematycznych błędów pomiaru, wynikających z zastosowania błędnej metody pomiarowej, z użycia nieprawidłowo skonstruowanych wzgl. nieprawidłowo działających przyrządów mierniczych, lub też spowodowanych czynnikami przypadkowymi;

7. Wyniki pomiarów należy przeliczać bezpośrednio po zakończeniu pomiaru, a następny pomiar zaczynać dopiero po stwierdzeniu, iż nie zachodzi gruby błąd pomiaru.

# I. Pomiarы linjowe

Do pomiarów linjowych zaliczamy:

- A) wyznaczanie wymiarów przewodów, zbiorników ciśnień, zaworów i t. p.,
- B) wyznaczanie wysokości niwelacyjnych, oraz spadku niwelacyjnego przewodu,
- C) wyznaczanie stanu wody (stanu napełnienia).

**A.** Wymiary przekrojów swobodnych przepływu, a więc wymiary (najczęściej średnice) przewodów zamkniętych, wymiary otworów wypływowych, średnice dysz i t. p. wyznaczamy za pomocą suwaka mierniczego warsztatowego. Przy średnicach  $d \leq 200 \text{ mm}$  wymiary odczytane podajemy z dokładnością do  $0,1 \text{ mm}$ , przy średnicach  $200 \text{ mm} < d \leq 1000 \text{ mm}$  z dokładnością do  $0,5 \text{ mm}$ , a przy średnicach  $d > 1000 \text{ mm}$  — z dokładnością do  $1,0 \text{ mm}$ .

Przy pomiarach długości  $l > 2 \text{ m}$  należy wymiary podawać z dokładnością nie mniejszą od  $0,2\%$ , t. zn.  $2 \text{ mm}$  na  $1 \text{ m}$ .

## B. Wyznaczanie spadku niwelacyjnego.

Wyznaczanie spadku niwelacyjnego przewodu odbywa się przy pomocy prostej sztywnej listwy, libelli (poziomnicy) i przyrządu, zaopatrzonego w kresy rozmieszczone w odstępach co  $1 \text{ mm}$ .

Jeśli  $l$  oznacza odstęp dwu punktów przewodu, z których jeden znajduje się w wysokości  $h_1$ , a drugi w wysokości  $h_2$  ponad poziomem porównawczym, wówczas spadek niwelacyjny określa wzór:

$$J = \frac{h_1 - h_2}{l} \quad [1]$$

Gdy chodzi o wyniki dokładniejsze, wówczas spadek niwelacyjny wyznacza się zapomocą przyrządu niwelacyjnego i łat miernicznych.

## C. Wyznaczanie wysokości napełnienia.

Pomiar wysokości napełnienia zbiorników grawitacyjnych, zbiorników miernicznych, osadników i t. p. posiada duże znaczenie w praktyce wodociągowej.

Pomiar stanów napełnienia zbiorników uskutecznia się przy pomocy poniżej opisanych metod.

a) Odległości zwierciadła wody od pewnego punktu stałego odczytuje się na podziałce ruchomej skali wodowskazowej  $S$ , zaopatrzonej u dołu w półkolisto wygięte ostrze, a u góry w nagwintowaną prowadnicę  $P$  (rys. 1). Na górnym końcu prowadnicy  $P$  jest zaklinowane kółko  $K$ . Obrzeże dolnego końca

przewodnicy  $P$  obraca się luźno w odpowiednim wyłobieniu skali  $S$ , która przy obrocie wałka  $P$  wykonywa ruchy pionowe. Prowadnica  $P$  obraca się w nagwintowanym wsporniku  $V$ , a skala  $S$  przesuwa się we wsporniku  $W$ , ukształtowanym w postaci wodzidła wskazówkowego lub wziernikowego.



Rys. 1.  
Ruchoma skala  
wodowskazowa.

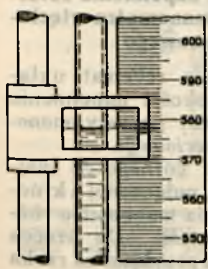
Urządzenie powyższe może być używane do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika tylko wówczas, gdy zwierciadło wody jest spokojne i dostęp obserwatora do miejsca zetknięcia się ostrza ze zwierciadłem jest dogodny. Metodę tę stosuje się niemal wyłącznie w laboratoriach i to przy pomiarze stanów napełnienia w niezbyt dużych zbiornikach.

b) Najczęściej spotykanym urządzeniem do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników jest nieruchoma skala wodowskazowa, umieszczona przy pionowej rurce wodowskazowej i zaopatrzona w wodzidło.

Rys. 2 przedstawia rurkę wodowskazową, skalę i wodzidło wziernikowe typu „PWP”, stosowane przy wyznaczaniu stanów napełnienia zbiorników mierniczych.

Rozróżniamy *skale niemianowane* i *mianowane* w jednostkach długości lub w jednostkach objętości (litrach wzgl. sterach).

Skalę, zaopatrzoną w kresy, nacięte na całej długości użytkowej skali w odstępach równych i niezależnych od przekroju poziomego zbiornika mierniczego oraz w oznaczenia, odpowiadające ilości działek od kresy początkowej, nazywamy *skalą niemianowaną*.



Rys. 2.  
Skala wodowskazowa  
typu PWP.

W *skalach mianowanych* w jednostkach długości rozmieszczenie kres jest równomierne; oznaczenia są podane w mm, cm lub m. Natomiast w *skalach mianowanych* w jednostkach objętości rozmieszczenie kres jest naogół nierównomierne, wskutek zmienności przekroju poziomego, spowodowanej niedoskonałością wykonania zbiornika mierniczego; poszczególne punkty skali mianowanej odpowiadają ściśle określonym objętościom, wyrażonym w litrach, wielokrotności litra lub całkowitych częściach litra względnie stera.

W zbiornikach, zaopatrzonych w skale niemianowane lub w skale mianowane w jednostkach długości, pomiar objętości wody, zawartej w zbiorniku, polega na pomiarze wysokości napełnienia.

Szerokość działki elementarnej, t. j. odstęp pomiędzy sąsiednimi kresami zależy od przeznaczenia zbiornika; w *zbiornikach mierniczych* szerokość działki elementarnej powinna być zawarta w granicach od 1 mm do 2 mm, w *zbiornikach ciśnieni*, zwanych również *zbiornikami grawitacyjnymi* lub *górnymi* szerokość działki powinna być zawarta w granicach od 1 cm do 2 cm.

Skale wodowskazowe zbiorników grawitacyjnych zaopatrujemy w *wodzidła wskazówkowe*. Natomiast skale wodowskazowe w zbiornikach mierniczych zaopatrujemy w *wodzidła wziernikowe* (rys. 2), w ten sposób skonstruowane, by menisk w wodowskazie był objęty dwiema kreskami poziomymi: z przodu kresą naciętą lub wytrawioną na przezroczystej płytce, osadzonej w okienku wziernika, z tyłu na matowej powierzchni, okalającej rurkę wodowskazową.

### Urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników na odległość.

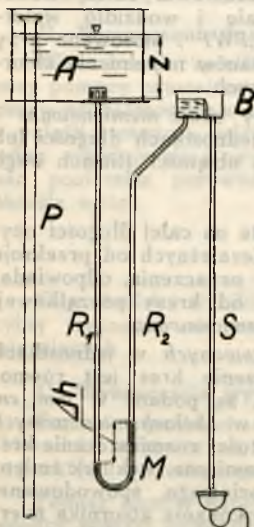
Urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników na odległość dzielą się na cztery zasadnicze grupy:

1. manometry różnicowe oraz przyrządy wskazujące, oparte na zasadzie manometru różnicowego,
2. urządzenia pływakowe,
3. urządzenia pneumatyczne,
4. urządzenia, w których pomiar wysokości napełnienia polega na proporcjonalności wysokości napełnienia do oporu elektrycznego.

#### 1. Pomiar wysokości napełnienia zbiornika przy pomocy manometru różnicowego rłęciowego

Rys. 3 przedstawia schemat układu do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika górnego przy pomocy *manometru różnicowego rłęciowego*.

W dnie zbiornika górnego A znajduje się wlot rurki  $R_1$ , połączonej z króćcem wyższego ciśnienia manometru różnicowego rłęciowego M. Do króćca niższego ciśnienia jest przyłączona rurka  $R_2$ , której wlot znajduje się w dnie zbiornika przelewowego B. Krawędź przelewowa zbiorniczka B jest umie-



Rys. 3.

Schemat układu do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika przy pomocy manometru różnicowego rłęciowego.

szczona w płaszczyźnie poziomej, wpadającej w poziom wody martwej lub dno zbiornika górnego. Poziom wody w zbiorniczku przelewowym jest stały, ponieważ nadmiar wody przelewa się przez rurkę ściekową S. Wskazania manometru są zatem proporcjonalne do wysokości napełnienia zbiornika górnego.

## 2. Urządzenia pływakowe do pomiaru stanu napełnienia zbiorników

Rys. 4 przedstawia schemat urządzenia pływakowego do pomiaru stanu napełnienia zbiornika ciśnień.



Rys. 4.

Schemat urządzenia pływakowego do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika ciśnień.

Metalowy pływak C unosi się na swobodnej powierzchni wody, wypełniającej pionowy cylinder B, wstawiony w zbiornik grawitacyjny. Pływak C jest zawieszony na lince lub na łańcuchu D, przewieszonym przez dwa krążki i zaopatrzony u dołu w przeciwważnik E o masie, zależnej od ciężaru i kształtu pływaka oraz od długości łańcucha. Łańcuch jest zaopatrzony u dołu we wskaźnik F, który przy zmianie napełnienia zbiornika przesuwa się wzdłuż skali G, zaopatrzonej w podziałkę, wyrażającą stany napełnienia w jednostkach długości lub jednostkach objętości.

Urządzenia pływakowe z mechanicznym przenoszeniem wskazań na odległość stosuje się do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników górnych, położonych w wysokości nie większej jak 12 m ponad poziomem, w którym odbywa się odczyt stanów napełnienia. Przy większych wysokościach ruchy pływaka są przenoszone zapomocą urządzeń elektrycznych, składających się z nadajnika, uruchamianego przez pływak i odbiornika, stanowiącego przyrząd wskazujący napełnienia zbiornika ciśnień.

## 3. Urządzenia pneumatyczne do pomiaru wysokości napełnienia

Zasada miernicza urządzeń pneumatycznych do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników polega na zjawisku ściśliwości powietrza w puszcze membranowej lub w dzwonie nurkowym, umieszczonym pod zwierciadłem wody. Puszka wzgl. dzwon jest połączony zapomocą szczelnej rurki z manometrem rtęciowym, posiadającym

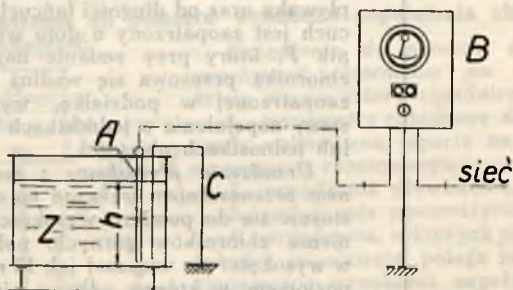


kształt *U*-rurki. Ponieważ ciśnienie panujące w dzwonie jest proporcjonalne do odległości zwierciadła wody w zbiorniku od płaszczyzny poziomej, przechodzącej przez krawędź dolną dzwonu, przeto wskazania manometru różnicowego są proporcjonalne do stanu napełnienia zbiornika.

Ze względu na możliwość powstawania systematycznych błędów pomiaru, spowodowanych nieuszczelnnością rurek, łączących dzwon z manometrem, zanieczyszczaniem się dzwonu wzgl. puszki membranowej oraz skraplaniem się pary wodnej w rurce łączącej, urządzenia pneumatyczne mogą być stosowane jedynie w pomiarach przybliżonych.

#### 4. Urządzenia elektryczne oporowe do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników

Rys. 5 przedstawia schemat urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia zbiornika, którego zasada miernicza polega na proporcjonalności wysokości napełnienia zbiornika grawitacyjnego



Rys. 5.

Schemat urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia za pomocą elektrycznego pręta oporowego.

do wielkości natężenia prądu elektrycznego, jaki przepływa przez pręt oporowy.

Nadajnikiem jest pionowy pręt oporowy *A*, wstawiony w zbiornik *Z*. Prąd elektryczny płynie przez tę część pręta oporowego, która znajduje się ponad zwierciadłem wody, poczem przez wodę i przewód powrotny *C* zdąża ku ziemi. Woda zamyka zatem obwód pomiędzy opornikiem, a przewodem powrotnym i wylacza znajdujący się pod wodą opór omowy opornika. Gdy zwierciadło wody podnosi się, maleje opór omowy i natężenie prądu w obwodzie miernicznym wzrasta i naodwrot. Natężenie prądu, proporcjonalne do wysokości napełnienia, jest wskazywane przez miliamperomierz *B*, zaopatrzonej w skalę, wywzorcowaną w jednostkach długości lub objętości.

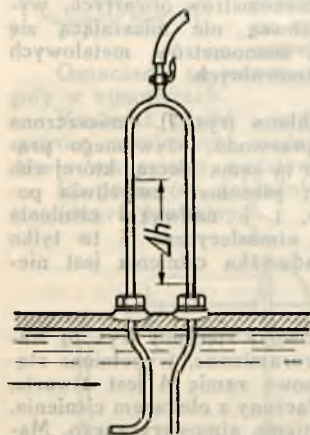
## II. Pomiary czasu

Pomiar czasu może mieć znaczenie istotne lub drugorzędne. Pomiar czasu posiada znaczenie istotne przy wyznaczaniu natężenia przepływu rzeczywistego na podstawie pomiaru objętości i pomiaru czasu, i naodwrot przy wyznaczaniu objętości na podstawie pomiaru natężenia przepływu i okresu sprawdzania.

Przy przeprowadzaniu badań hydraulicznych czas mierzymy zapomocą sekundomierzy, gdy okres sprawdzania jest równy lub mniejszy od 15 minut. Dłuższe okresy czasu mierzymy sekundomierzem lub dobrze wyregulowanym zegarkiem kieszonkowym wzgl. zegarem ściennym ze wskazówką sekundową.

Przy okresach sprawdzania  $\tau \leq 6$  minut czas wyznaczamy z dokładnością do 0,2 sek., przy okresach sprawdzania  $6' < \tau \leq 30'$  — z dokładnością do 1 sek., a przy okresach  $\tau > 30'$  z możliwą do osiągnięcia dokładnością odczytu.

Przy przeprowadzaniu badań naukowych, badań gwarancyjnych, przy sprawdzaniu wodomierzy zwężkowych, pomiar okresu sprawdzania powinien być dokonywany niezależnie od siebie przez dwu obserwatorów. Jako wynik pomiaru należy przyjmować średnią arytmetyczną dwu obserwacyj.



Rys. 6.  
Rurka Pitot'a.

## III. Pomiary prędkości

Pomiary prędkości miejscowych przy przepływie cieczy przez przewody zamknięte przeprowadza się najczęściej przy pomocy dwu rurek Pitot'a, z których jedna posiada wylot zwrócony przeciw prądowi, a druga jest wpuszczona prostopadle do kierunku prądu (rys. 6). Różnica wysokości słupów cieczy w manometrze różnicowym, połączonym z rurkami Pitot'a, mierzy wysokość, odpowiadającą prędkości przepływu:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \quad [2]$$

Pomiar prędkości miejscowych jest przeprowadzany wówczas, gdy chodzi o wyznaczenie rozkładu prędkości w przewodzie.

W pomiarach technicznych wyznacza się najczęściej średnią prędkość przepływu na podstawie pomiaru objętości  $V$ , jaka w czasie  $\tau$  przepłynęła przez przekrój  $F$ :

$$v_s = \frac{V}{\tau F} \quad [3]$$

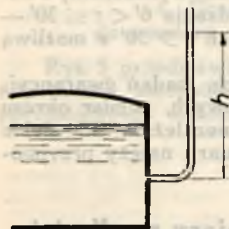
lub też na podstawie pomiaru natężenia przepływu i przekroju:

$$v_s = \frac{Q}{F} \quad [4]$$

Znajomość średniej prędkości przepływu jest potrzebna do obliczenia wysokości prędkości  $\frac{v^2}{2g}$ , a zatem i wysokości strat energetycznych:

$$h_s = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

wówczas, gdy bezpośredni pomiar straty ciśnienia jest trudny do zrealizowania.



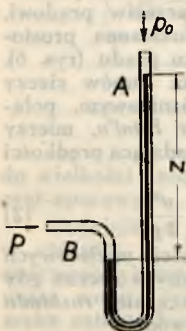
Rys. 7.  
Piezometr.

## IV. Pomiary ciśnienia

### A. Pomiary wysokości ciśnienia.

Wysokość ciśnienia mierzymy przy pomocy następujących przyrządów: 1. piezometrów, 2. manometrów otwartych, wypełnionych cieczą nie mieszającą się z wodą, 3. manometrów metalowych zwykłych i kontrolnych.

1. *Piezometr* stanowi rurka szklana (rys. 7), umieszczona w ścianie zbiornika lub w ścianie przewodu, ożywionego prądem i wypełniona tą samą cieczą, której ciśnienie mierzymy; piezometr umożliwia pomiar *nadciśnienia*, t. j. nadwyżki ciśnienia ponad ciśnienie atmosferyczne i to tylko wówczas, gdy nadwyżka ciśnienia jest nieznaczna.



Rys. 8.  
Manometr rtęciowy otwarty.

2. *Manometr otwarty rtęciowy* (rys. 8) stanowi naczynie dwuramienne, wypełnione rtęcią, którego pionowe ramię A jest otwarte, a wylot B jest połączony z obszarem ciśnienia, większego od ciśnienia atmosferycznego. Manometry rtęciowe otwarte stosuje się do pomiaru średnich ciśnień, zawartych najczęściej w granicach od 1 m do 20 m słupa wody, a dochodzących wyjątkowo do 5 at (~ 3,68 m słupa rtęci).

3. Do pomiaru większych ciśnień stosujemy najczęściej *manometry metalowe*.

Rozróżniamy dwa typy manometrów metalowych: *manometry rurkowe* i *manometry płytkowe*.

*Manometr rurkowy* czyli *manometr Bourdon'a* (rys. 9) składa się ze sprężystej, wygiętej w kształcie koła, rurki metalowej o przekroju eliptycznym lub owalnym, zwanej *rurką Bourdon'a*. Zasada działania manometru polega na proporcjonalności od-

kształceń rurki do wysokości ciśnienia. Ponieważ odkształcenia rurki powodują obrót wskazówki, przeto wskazania manometru są proporcjonalne do wysokości ciśnienia.

W *manometrze płytkowym* czyli *membranowym* (rys. 10) odkształcenia fałdистой płytki przenoszą się za pomocą przekładni zębatej na wskazówkę manometru.



Rys. 9.  
Manometr rurkowy.

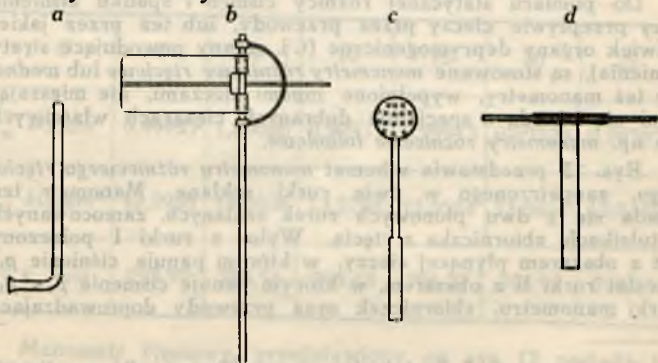


Rys. 10.  
Manometr płytkowy.

Oznaczenia na manometrach metalowych są podawane z reguły w atmosferach.

Ponieważ płytki i rurki, stanowiące istotne części manometrów metalowych, ulegają z czasem trwałym odkształceniom, przeto manometry metalowe należy co pewien czas sprawdzać.

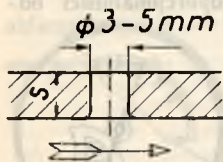
Do pomiarów dokładniejszych należy używać *manometrów metalowych kontrolnych*.



Rys. 11.

Przyrządy do pomiaru ciśniń wewnątrz płynącej cieczy.

4. Do pomiaru ciśnień wewnątrz płynącej cieczy stosujemy przyrządy wskazane na rys. 11. Przyrządy wskazane na rys. 11 a i b są rurkami piezometrycznymi, mierzącymi ciśnienie statyczne lub też ciśnienie dynamiczne i statyczne, zależnie od orientacji wylotu rurki, a przyrządy, wskazane na rys. 11 c i d posiadają kształt, powodujący całkowitą zamianę energii kinetycznej płynącego strumienia na energię ciśnienia.



Rys. 12.  
Otworek piezometryczny.

Przy odbiorze ciśnienia za pomocą otworków piezometrycznych, wywierconych w ścianie przewodu, ożywionego płynącą cieczą (rys. 12), należy dbać o to, by otworek piezometryczny posiadał średnicę  $d = 3 \div 5 \text{ mm}$  i lekko zaokrągloną krawędź wlotową. Ponadto średnica jego powinna być równa lub mniejsza od grubości ścianki:  $d \leq s^1$ .

W pomiarach dokładniejszych odbiór ciśnienia dokonywamy za pośrednictwem szeregu otworków, rozmieszczonych równomiernie w przekroju mierniczym i łączących obszar kinetyczny z obszarem statycznym, utworzonym przez t. zw. *obwodową komorę ciśnienia*, w której następuje wyrównywanie się ciśnień.

Rys. 13/VIII przedstawia łącznik redukcyjny z *obwodową komorą ciśnienia*, wyrobu firmy „Polski Wodomierz”.

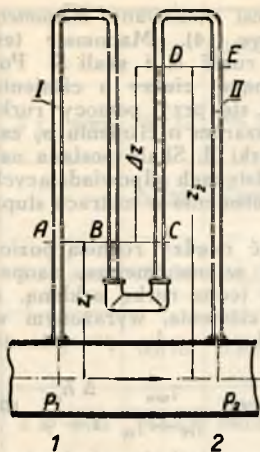
Prawidłowy odbiór ciśnienia za pomocą nasadek z *obwodowymi komorami ciśnienia* jest również zrealizowany w stołach mierniczych typu PWP, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy o średnicach  $d \leq 40 \text{ mm}$  (rys. 9/VIII).

## B. Pomiar spadku ciśnienia.

Do pomiaru statycznej różnicy ciśnień i spadku ciśnienia przy przepływie cieczy przez przewody, lub też przez jakiegokolwiek organy deprimogeniczne (t. j. organy powodujące straty ciśnienia), są stosowane *manometry różnicowe rtęciowe* lub *wodne*, lub też manometry, wypełnione innymi cieczami, nie mieszającymi się z wodą o specjalnie dobranych ciężarach właściwych jak np. *manometry różnicowe toluolowe*.

Rys. 13 przedstawia schemat *manometru różnicowego rtęciowego*, zaopatrzonego w dwie rurki szklane. Manometr ten składa się z dwu pionowych rurek szklanych, zamocowanych w tulejkach zbiorniczka z rtęcią. Wylot z rurki I połączony jest z obszarem płynącej cieczy, w którym panuje ciśnienie  $p_1$ , a wylot rurki II z obszarem, w którym panuje ciśnienie  $p_2 < p_1$ . Rurki manometru, zbiorniczek oraz przewody doprowadzające

<sup>1)</sup> Inż.-mech. A. T. Troskoleński. „O prawidłowym odbiorze ciśnienia w układach, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy”. Gaz i Woda, t. XII, Kraków 1932.



Rys. 13.  
Schemat manometru rtęciowego dwuramiennego.

są wypełnione wodą i rtęcią; powietrze usuwamy zapomocą kurka odpowietrzającego, umieszczonego w najwyższym punkcie manometru.

Różnicę poziomów rtęci  $\Delta z$ , odpowiadającą spadkowi ciśnienia  $\Delta h$ , wyrażonemu w metrach słupa wody o temperaturze 4 C, określamy wzorem:

$$\Delta z_{mm} = 1000 \frac{\gamma_{wn}}{\gamma_{rt} - \gamma_w} \Delta h_m, \quad [6]$$

w którym  $\gamma_{wn} = 1,0 \text{ kG/dm}^3$  oznacza ciężar właściwy wody w temperaturze 4 C.

Różnica  $\Delta z$ , odpowiadająca spadkowi ciśnienia 1 atmosfery technicznej, t. j. spadkowi ciśnienia 10 m słupa wody o temperaturze 4 C wynosi:

$$\Delta z_{mm} = 10000 \frac{\gamma_{wn}}{\gamma_{rt} - \gamma_w}. \quad [7]$$

Wobec zmienności ciężarów właściwych wody i rtęci, różnica  $\Delta z$  jest funkcją temperatury:

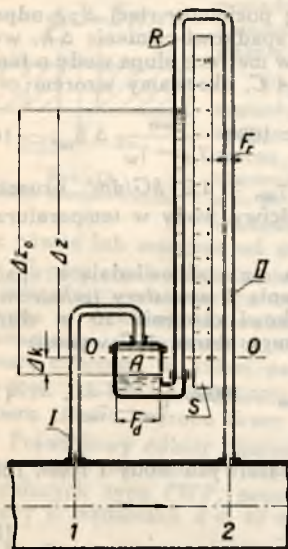
$$\Delta z = f(t). \quad [8]$$

Zależność tę podaje poniższa tablica.

$t \text{ } ^\circ\text{C}$	0	4	10	15	20	25
$\gamma_w \text{ kG/dm}^3$	0,99987	1,00000	0,99973	0,99913	0,99823	0,99707
$\gamma_{rt} \text{ kG/dm}^3$	13,5955	13,5856	13,5708	13,5584	13,5461	13,5339
$\Delta z \text{ mm}$	793,92	794,56	795,48	796,22	796,95	797,65

Manometr rtęciowy, przedstawiony na rys. 13 posiada tę niedogodność, iż celem zmierzenia spadku ciśnienia musimy równocześnie odczytywać słany rtęci w dwu rurkach manometrycznych i obliczać różnicę poziomów.

Dlatego też znacznie częściej jest stosowany *manometr różnicowy rtęciowy jednoramienny* (rys. 14). Manometr ten składa się z żeliwnego zbiornika A, rurki R i skali S. Połączenie manometru z obszarem płynącej cieczy o ciśnieniu  $p_1$  odbywa się przy pomocy rurki I, a z obszarem o ciśnieniu  $p_2$  za pomocą rurki II. Skala posiada nacięcia w odstępach odpowiadających spadkowi ciśnienia w metrach słupa wody.



Rys. 14.  
Schemat manometru rtęciowego jednoramiennego.

Zależność między różnicą poziomów rtęci w manometrze, zaopatrzonym w jedną rurkę szklaną, a spadkiem ciśnienia, wyrażonym w metrach słupa wody, przedstawia wzór:

$$\Delta z_{mm} = 1000 \frac{\gamma_{wn} \Delta h_m}{\gamma_{rt} - \gamma_w (1 + \psi)} \quad [9]$$

przyczem wyróżnik konstrukcyjny:

$$\psi = \frac{F_r}{F_d} \quad [10]$$

jest stosunkiem wewnętrznego przekroju szklanej rurki manometrycznej do przekroju zbiorniczka z rtęcią.

W temperaturze 15 C:

$$\gamma_w = 0,99913 \text{ kG/dm}^3$$

$$\gamma_{rt} = 13,5584 \text{ kG/dm}^3$$

a zatem wzór powyższy przybierze postać:

$$\Delta z_{mm} = \frac{79,62}{1 + \psi} \cdot \Delta h_m \quad [11]$$

Wysokość słupa rtęci, odpowiadająca spadkowi ciśnienia jednej *atmosfery technicznej* w manometrze, którego wskazania odniesione są do temperatury 15 C, wyrazi się wzorem:

$$\Delta z_{mm} = \frac{796,2}{1 + \psi} \quad [12]$$

Poniższa tabelka <sup>1)</sup> podaje zależność:  $\Delta z = f(\psi)$  dla wartości wyróżnika konstrukcyjnego w granicach od  $\psi = 0$  do  $\psi = 0,1$ .

<sup>1)</sup> Inż.-mech. A. T. Traskołański, „O podstawach teoretycznych konstrukcji manometrów rtęciowych różnicowych, stosowanych w praktyce wodomierzowej”. Gaz i Woda, tom X, str. 137–140; tom XII, str. 25–26.

$\psi$	0	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030
$\Delta z$ mm	796,22	796,26	788,34	784,46	780,61	776,80	773,03
$\psi$	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065
$\Delta z$ mm	769,30	765,60	761,94	758,31	754,71	751,15	747,63
$\psi$	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095	0,100
$\Delta z$ mm	744,13	740,67	737,24	733,85	730,48	727,14	723,84

*Manometry rłęciowe różnicowe* są używane do pomiaru spadków ciśnienia, zawartych w granicach od 1,0 m do 30,0 m słupa wody.

Rys. 15 przedstawia *manometr różnicowy rłęciowy jedno-ramienny* o obszarze mierniczym od 0 do 12 m słupa wody, w wykonaniu firmy „Polski Wodomierz“.

Manometr ten składa się z żeliwnego zbiorniczka A, rurki szklanej R i skali S, zaopatrzonej w kresy, nacięte w różnych odstępach na całej długości skali. Zbiorniczek dolny A, napełniony rłęcią, jest połączony z obszarem wyższego ciśnienia za pomocą kurka stożkowego  $K_1$  i rurki miedzianej wzgl. węży gumowego  $w_1$ . Połączenie rurki manometrycznej R z obszarem niższego ciśnienia odbywa się za pośrednictwem zbiorniczka górnego B, trójkąta T, rurki  $r_2$ , kurka  $K_2$  i węży  $w_2$ . Zbiornik górny B jest połączony z obszarem wyższego ciśnienia za pomocą trójkąta T, rurki  $r_2$  i kurka odpowietrzającego  $K_3$ , który jest zarazem kurkiem oddzielającym obszary o różnych ciśnieniach.

Do pomiarów spadku ciśnienia  $\Delta h \leq 2$  m słupa wody służą *manometry różnicowe wodne*.

Rys. 16 przedstawia *manometr różnicowy wodny* o obszarze mierniczym od 0 do 1 m słupa wody, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“.

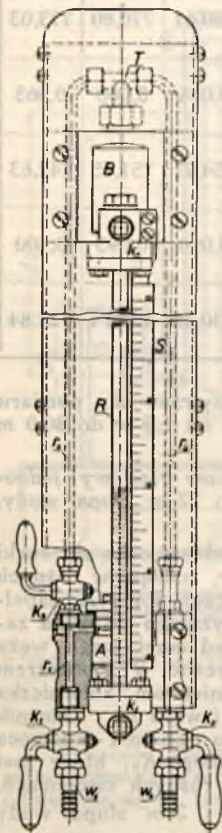
Manometr ten składa się z dwu zbiorniczków żeliwnych  $A_1$  i  $A_2$ , w których osadzone są dwie rurki szklane  $B_1$  i  $B_2$ , połączone z sobą dwuramiennym króćcem E. Stany słupów wody w rurkach manometrycznych odczytuje się przy pomocy dwu



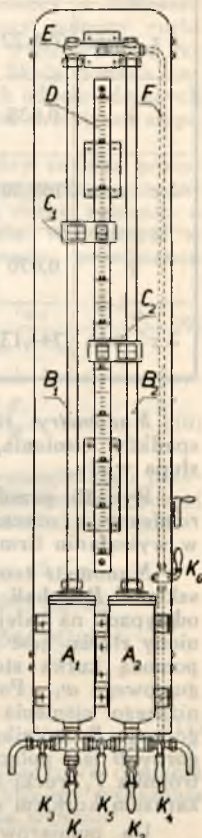
wodzideł wziernikowych  $C_1$  i  $C_2$ , przesuwanych wzdłuż skali niemianowanej  $D$ , zaopatrzonej w kresy, rozmieszczone w odstępach równych 2 mm na całej długości użytecznej skali.

Działanie manometru jest następujące:

Po równoczesnym otwarciu kurków zasilających  $K_1$  i  $K_2$  woda wpływa do manometru, sprężając powietrze, zawarte w zbiorniczkach  $A_1$  i  $A_2$  oraz w rurkach  $B_1$  i  $B_2$ . Kurki zasilające  $K_1$  i  $K_2$  zamykamy w chwili, gdy woda w obu rurkach osiągnie najwyższy poziom. Objętości zbiorników  $A_1$  i  $A_2$  są tak dobrane, iż przy najwyższym rozporządzalnym ciśnieniu w sieci woda w obu rurkach ustala się poniżej poziomu, odpowiadającego połowie wysokości użytecznej skali (zbiorniczki manometrów wodnych typu PWP są obliczone pod założeniem, iż ciśnienie robocze w sieci wynosi 12 at). Po zamknięciu kurków  $K_1$  i  $K_2$  otwieramy kurek wyrównawczy  $K_5$ , dzięki czemu woda ustala się w rurkach manometrycznych w jednakowej wysokości. Gdy zawartość powietrza w rurkach manometrycznych jest za duża, nadmiar jego usuwamy



Rys. 15.  
Manometr różnicowy  
ręczny typu PWP.



Rys. 16.  
Manometr różnicowy  
wodny typu PWP.

przez rurkę metalową  $F$ , zaopatrzoną w kurek  $K_6$ . Do częściowego lub całkowitego usunięcia wody z manometru służą kurki  $K_3$  i  $K_4$ . Kurki te umożliwiają pozatem odpowietrzenie przewodów, łączących miejsca odbioru ciśnienia z manometrem.

W praktyce wodociągowej *manometry różnicowe wodne* stosuje się do pomiaru strat ciśnienia w rurociągach, spadku ciśnienia w wodomierzach śrubowych pojedynczych i innych organach deprymogenicznych, charakteryzujących się niską wartością współczynnika oporu.

## V. Pomiary objętości

Metody *pomiaru objętości* dzielą się na dwie zasadnicze grupy, w zależności od tego, czy mierzymy objętość wody wypływającej z przewodu, czy też objętość wody, przepływającej przez przewód.

Dokładny pomiar objętości wody jest możliwy jedynie przy pomocy metod statycznych, polegających na pomiarze wody, pozostającej w spoczynku i wypełniającej jakiekolwiek naczynie (np. zbiornik mierniczy). Metody statyczne mogą być zatem stosowane jedynie przy pomiarze objętości wody wypływającej.

Pomiar statyczny objętości wody odbywa się:

a) przez mierzenie objętości wody zapomocą zbiornika mierniczego,

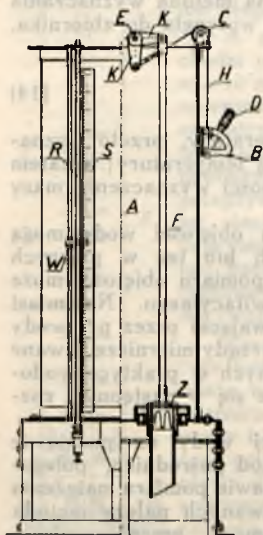
b) przez ważenie masy wody, przy czem druga metoda jest stosowana znacznie rzadziej niż pierwsza.

W pomiarach o charakterze przybliżonym objętość wody można wyznaczyć przy pomocy dowolnego zbiornika o stałym przekroju poziomym. Obliczywszy na podstawie pomiarów linjowych wartość przekroju poziomego  $F_h$ , objętość wody wyznaczamy, mierząc wysokość napełnienia:

$$V = F_h \cdot h. \quad [13]$$

W pomiarach technicznych objętości wody mierzymy z reguły zapomocą *zbiornika mierniczego*, odpowiadającego wymaganiom przepisów o przyborach potrzebnych do legalizowania wodomierzy.

*Zbiorniki miernicze* mogą stanowić jedną komorę (*zbiorniki pojedyncze*) lub też składać się z kilku komór (*zbiorniki złożone*).



Rys. 17.  
Zbiornik mierniczy typu PWP.

Rys. 17 przedstawia zbiornik mierniczy pojedynczy, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“, służący do sprawdzania wodomierzy.

*Zbiornik mierniczy* *A* jest zaopatrzony w rurkę wodowskazową *R*, skalę wodowskazową *S* i wodzidło wziernikowe *W*. W dnie zbiornika znajduje się zawór wypływowy *Z*, będący wzniosowym zaworem talerzowym o płaskiej powierzchni doszczelniającej z dolnym prowadzeniem grzybka. Zawór ten jest uruchamiany zapomocą układu dźwigni typu *PWP*, składającego się z dźwigni zapadkowej *D*, osadzonej na podstawie segmentowej *B* oraz dźwigni kułakowej *K*, zamocowanej na wałku poziomym *E*. Jedno ramię dźwigni kułakowej jest połączone przegubowo z prętem pionowym *F*, drugie zaś jest sterowane zapomocą linki stalowej *H*, przerzuconej przez krążek *C*. Dolny koniec pręta *F* jest połączony z grzybkim zaworu spustowego *Z*. Zawór wypływowy w dnie jest zaopatrzony w pionową przystawkę cylindryczną, ściętą pod kątem  $\approx 30^\circ$ ; konstrukcja ta umożliwia doprowadzenie zbiornika mierniczego do normalnego stanu wykroplenia.

*Zbiorniki miernicze* umożliwiają mierzenie objętości wody z dokładnością  $\pm 0,2\%$ .

Bez porównania rzadziej jest stosowana metoda wyznaczania objętości przez ważenie masy wody, jaka wpłynęła do zbiornika, ustawionego na wadze. Objętość wody:

$$V = \frac{m}{\mu} \quad [14]$$

Ponieważ gęstość  $\mu$  jest zależna od temperatury, przeto wyznaczenie objętości wymaga również pomiaru temperatury; a zatem dokładność tej metody zależy od dokładności wyznaczenia masy wody i jej temperatury.

Opisane wyżej metody wyznaczania objętości wody mogą być stosowane w laboratorjach wodnych lub też w pewnych specjalnych okolicznościach, np. gdy do pomiaru objętości może być użyta jedna z komór zbiornika grawitacyjnego. Natomiast do wyznaczania objętości wody, przepływającej przez przewody zamknięte pod ciśnieniem, stosuje się przyrządy miernicze, zwane *wodomierzami*. Opis najczęściej spotykanych w praktyce wodociągowej systemów wodomierzy znajduje się w następnym rozdziale.

Poza metodą wyznaczania objętości wody na podstawie wskazań wodomierzy, istnieje szereg metod pośrednich, polegających na wyznaczeniu objętości na podstawie pomiaru natężenia przepływu i czasu. Do najczęściej stosowanych należy metoda wyznaczania natężenia przepływu zapomocą *przepływomierzy zwężkowych*, zaopatrzonych w przyrządy wskazujące natężenia oraz w przyrządy rejestrujące wykreślnie natężenia przepływu. Objętość wody obliczamy, mnożąc natężenia przepływu przez odpowiednie odstępy czasu lub też planimetrując pola, ograniczone krzywą zmienności natężeń przepływu, osią czasu i rzędnymi, wyrażającymi natężenia przepływu na początku i na końcu

pomiaru. Z pośród różnych systemów przepływomierzy zwężkowych największe rozpowszechnienie w praktyce wodociągowej zyskały przepływomierze Venturi'ego.

## VI. Pomiary natężenia przepływu

Pomiary *natężenia przepływu* przeprowadza się zapomocą jednej z poniżej opisanych metod:

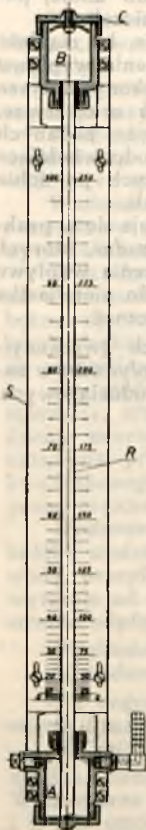
1. przez wyznaczenie *prędkości miejscowych*, prostopadłych do przekroju poprzecznego przewodu. Metoda ta jest rzadko stosowana w praktyce wodociągowej,

2. przez pomiar *objętości* wody, jaka w pewnym okresie czasu wpłynęła do zbiornika mierniczego. Metodę tę stosuje się wówczas, gdy istnieje możliwość skierowania strumienia wody do zbiornika mierniczego, a zarazem gdy natężenie przepływu w czasie dokonywania pomiaru nie ulega zbyt silnym wahaniom,

3. przez pomiar *spadku ciśnienia*, jaki zachodzi przy przepływie wody przez *przepływomierze zwężkowe*, a więc *kryzy miernicze*, *dysze miernicze*, *rury Venturi'ego*, i t. p. przyrządy, zaopatrzone w urządzenia wskazujące i rejestrujące wykreslinie natężenia przepływu. Zasada miernicza polega na proporcjonalności natężenia przepływu do pierwiastka kwadratowego ze spadku ciśnienia, jaki zachodzi w obrębie organu deprymogenicznego przepływomierza. Metoda ta jest bardzo często stosowana w praktyce wodociągowej, zarówno przy dokonywaniu pomiarów dorywczych jak i trwałych.

Poza przepływomierzami stosuje się w praktyce hydrometrycznej również przyrządy do pomiaru natężenia wypływu, jak np. *danaidy*, *dysze miernicze wypływowe*, *zawory miernicze wypływowe* i t. p. przyrządy, których zasada miernicza polega na proporcjonalności natężenia wypływu do pierwiastka kwadratowego z wysokości spiętrzenia wzgl. z ciśnienia statycznego, mierzonego bezpośrednio przed organem deprymogenicznym, w którym zachodzi całkowita zamiana energii ciśnienia na energję kinetyczną.

W praktyce wodomierzowej spotykamy się najczęściej z pomiarem natężenia wypływu zapomocą *dysz mierniczych wypływowych*, sprzężonych z t. zw. *manometrem nastawnym*.



Rys. 18.  
Manometr różnicowy nastawny typu PWP.

Rys. 18 przedstawia manometr nastawny rtęciowy w wykonaniu firmy „Polski Wodomierz“. Manometr ten składa się z dwu zbiorniczków żeliwnych A i B, połączonych z sobą pionową rurką szklaną R oraz z ruchomej skali S, której podziałkę wyznacza się doświadczalnie. Dolny zbiorniczek jest napełniony rtęcią, górny zaś służy do gromadzenia rtęci w razie nastawienia zbyt wysokiego natężenia przepływu. Górny zbiorniczek posiada otwór, łączący wewnątrz manometru z powietrzem atmosferycznym. Wytrysk rtęci utrudnia płytka, przytwierdzona do dolnej powierzchni czapeczki C, nakręconej na górny zbiorniczek.

Przepuszczalności dysz są w ten sposób dobrane, by ciągłość obszaru mierniczego urządzenia do pomiaru natężenia wypływu była zachowana. Np. firma „Polski Wodomierz“ wykonywa dysze o przepuszczalnościach 100 l/h, 250 l/h, 500 l/h oraz dysze, których przepuszczalność stanowi wielokrotność wyżej podanych przepuszczalności. Odcinki na skali manometru, odpowiadające przenikaniu się obszarów miernicznych następujących po sobie dysz wynoszą 1/4 wzgl. 1/6,25 część wysokości skali.

Poza manometrami nastawnymi rtęciowymi stosuje się w praktyce wodomierzowej również *manometry nastawne wodne*, których zasada miernicza polega na proporcjonalności natężenia wypływu z dyszy, umieszczonej w dnie zbiorniczka dolnego do pierwiastka z wysokości spiętrzenia wody w rurce manometrycznej.

*Danaidy* stosuje się najczęściej przy pomiarach gwarancyjnych pomp odśrodkowych, a *zawory miernicze wypływowe* w zaporach dolinowych, stanowiących ujęcie wód wodociągowych.

## WODOMIERZE

opracował inż.-mech. A. T. Troskolaniski.

## WSTĘP

## 1. Określenia podstawowe i klasyfikacja wodomierzy

*Wodomierzami* nazywamy przyrządy, mierzące samoczynnie objętości wody, przepływającej przez przewody otwarte lub zamknięte.

*Wodomierze* dzielimy na: *wodomierze otwarte* i *wodomierze zamknięte* czyli *wodociągowe*.

*Wodomierze otwarte* mierzą objętości wody, wpływającej do wodomierza strumieniem swobodnym lub przepływającej przez wodomierz strumieniem swobodnym.

*Wodomierze otwarte* dzielimy na wodomierze: *komorowe* i *zwężkowe (spiętrzające)*. Do *wodomierzy otwartych komorowych* zaliczamy *wodomierze bębnowe* i *wodomierze nieckowe*.

W *wodomierzach bębnowych* pomiar objętości wody polega na sumowaniu dawek wagowych, odmierzanych w komorach bębna obrotowego, a w *wodomierzach nieckowych* — w wahliwych nieckach, podchwytyjących naprzemian wodę, wpływającą do wodomierza swobodnym strumieniem.

Do *wodomierzy otwartych spiętrzających* należą *przelewy miernicze*, *otwarte wodomierze Venturi'ego*, *danaidy* i t. p. urządzenia miernicze, których zasada polega na proporcjonalności natężenia przepływu wzgl. natężenia wypływu do pierwiastka kwadratowego z wysokości spiętrzenia, mierzonej bezpośrednio przed organem spiętrzającym.

*Wodomierzami wodociągowymi* (zwanymi w dalszym ciągu krótko *wodomierzami*) nazywamy przyrządy, mierzące objętości wody, przepływającej przez przewody zamknięte pod ciśnieniem wyższym od otaczającego i pracujące przy przeciwcisnieniu po stronie odpływowej.

*Wodomierze wodociągowe* dzielimy na dwie zasadnicze grupy: a) *wodomierze silnikowe*, b) *wodomierze zwężkowe (dynamiczne)*.

Na pograniczu powyższych dwu grup znajdują się *wodomierze upustowe*.

*Wodomierzem silnikowym* nazywamy wodomierz, w którym spadek ciśnienia może być zamieniony w pracę użyteczną. *Wodomierze* te są wyposażone w części czynne (wirnik, tłok i t. p.), umożliwiające zamianę energii, zawartej w przepływającej wodzie, na pracę.

*Wodomierze silnikowe* dzielimy na:

1. *wodomierze wirnikowe*, 2. *wodomierze komorowe (objętościowe)*.

Do wodomierzy silnikowych wirnikowych zaliczamy:

- a) wodomierze skrzydełkowe,
- b) wodomierze śrubowe, czyli młynkowe,
- c) wodomierze turbinowe.

Zasada miernicza wodomierzy silnikowych wirnikowych polega na proporcjonalności natężeń przepływu do ilości obrotów wirnika.

Wodomierze silnikowe komorowe dzielą się na:

- a) wodomierze puszkowe,
- b) wodomierze tarczowe,
- c) wodomierze tłokowe.

Wodomierzem zwężkowym nazywamy wodomierz, którego zasada miernicza polega na proporcjonalności natężeń przepływu do pierwiastka kwadratowego ze spadku ciśnienia w obrębie zwężki (kryzy, dyszy, rury Venturi'ego i t. p.), stanowiącej istotną część wodomierza i wstawionej w przewód zamknięty.

Wodomierze zwężkowe, stosowane w praktyce hydrometrycznej, dzielimy na trzy zasadnicze grupy:

1. kryza miernicza z przyrządem rejestrującym,
2. dysza miernicza z przyrządem rejestrującym,
3. wodomierz Venturi'ego.

Wodomierzami upustowymi<sup>1)</sup> nazywamy wodomierze, złożone ze zwężki Venturi'ego i przewodu upustowego, którego wlot znajduje się w przekroju wlotowym rury Venturi'ego, a wylot w przekroju przewężenia; zasada pomiaru polega na proporcjonalności wskazań wodomierza silnikowego, umieszczonego w przewodzie upustowym, do objętości wody przepływającej równocześnie przez przewód główny i upustowy.

W zależności od tego, czy wodomierz stanowi oddzielne narzędzie miernicze, czy też dwa wodomierze tworzą jedno narzędzie miernicze, dzielimy wodomierze na: pojedyncze i sprzężone.

W praktyce hydrometrycznej są wyłącznie stosowane wodomierze sprzężone silnikowe, mimo iż w zasadzie sprzężenie dwu wodomierzy zwężkowych lub też wodomierza silnikowego ze zwężkowym jest możliwe.

---

<sup>1)</sup> Ponieważ stosunek proporcjonalności natężenia przepływu w przewodzie upustowym do sumy natężeń przepływu w zwężce i przewodzie upustowym zmienia się w zależności od natężenia przepływu przez zespół, przeto wodomierz upustowy mógłby wskazywać dokładnie przy tem natężeniu przepływu, przy którym został wyworcowany. Wodomierz silnikowy, znajdujący się w przewodzie upustowym, zanieczyszcza się szybko wskutek osadzania się cząstek stałych i zawiesin, unoszonych przez wodę, płynącą w przewodzie upustowym z mniejszą prędkością niż w zwężce Venturi'ego, tak iż stosunek proporcjonalności wskazań wodomierza silnikowego do natężenia przepływu przez zespół ulega z czasem zmianie. Z wyżej wymienionych względów wodomierze upustowe są nielegalne.

## 2. Określenie wielkości wodomierza

Wyróżnikiem konstrukcyjnym wodomierza jest jego *średnica nominalna*.

Ze względu na różnorodność ukształtowania kanałów w wodomierzach silnikowych pojedynczych o przepuszczalnościach nominalnych  $Q_n \leq 20$  s/h, *średnice nominalne* tych wodomierzy określamy według poniższej tablicy:

$Q_n$ s/h	3	5	7	10	20
$d_n$ mm	15	20	25	30	40

W wodomierzach o przepuszczalności nominalnej  $Q_n > 20$  s/h średnica nominalna odpowiada średnicy wewnętrznej kanału dopływowego lub odpływowego.

Wyróżnikiem hydraulicznym wodomierza jest jego *przepuszczalność*, określona umownie, jako ta objętość wody, która przepływa przez wodomierz w jednej godzinie wówczas, gdy strata ciśnienia w jego obrębie wynosi  $\Delta h = 10$  m słupa wody.

Przepuszczalność wodomierza wyrażamy z reguły w sterach na godzinę (metrach sześciennych na godzinę), stosując skróty: s/h lub  $m^3/h$ .

Rozróżniamy określoną jak wyżej, *przepuszczalność rzeczywistą*  $Q_r$  od *przepuszczalności nominalnej*  $Q_n$ , podanej na wodomierzu.

*Przepuszczalność rzeczywista* stanowi wyróżnik hydrauliczny pewnego konkretnego wodomierza, podczas gdy *przepuszczalność nominalna* jest wyróżnikiem hydraulicznym wszystkich wodomierzy danego typu i danej średnicy.

Np. wodomierze skrzydełkowe pojedyncze o średnicy 20 mm posiadają oznaczenie przepuszczalności nominalnej 5 s/h, podczas gdy przepuszczalności rzeczywiste poszczególnych wodomierzy skrzydełkowych o tej średnicy posiadają przepuszczalności rzeczywiste różne, spełniające jedynie warunek:

$$Q_r > Q_n .$$

W wodomierzach śrubowych, w których osiągnięcie spadku ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody mogłoby spowodować nie tylko pogorszenie się własności mierniczych, lecz nawet zniszczenie części ruchomych wodomierza, wprowadzamy pojęcie *przepuszczalności teoretycznej*.

*Przepuszczalnością teoretyczną*  $Q_t$  nazywamy natężenie przepływu, jakiego mogło ożywiać wodomierz śrubowy, gdyby w jego obrębie mógł zaistnieć spadek ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody, bez szkody dla jego własności mechanicznych i mierniczych.

*Przepuszczalność teoretyczna* wodomierza śrubowego, podobnie jak i *przepuszczalność rzeczywista* wodomierza skrzydełkowego stanowi wyróżnik hydrauliczny danego wodomierza, podczas gdy *przepuszczalność nominalna* w obu wypadkach stanowi wyróżnik hydrauliczny wszystkich wodomierzy danej średnicy, przynależnych do tego samego typu.



Przepuszczalność teoretyczną obliczamy z wzoru:

$$Q_t = Q \sqrt{\frac{10}{\Delta h}}, \quad [1]$$

wyprowadzonego z formuły de Chêzy'ego.

W wzorze powyższym  $Q$  oznacza natężenie przepływu, zachodzące przy spadku ciśnienia  $\Delta h$  w obrębie wodomierza, a zarazem nie przekraczające dopuszczalnego obciążenia szczytowego wodomierza:

$$Q \leq Q_s.$$

### 3. Własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy

Własności hydrauliczne i miernicze wodomierza określają krzywe charakterystyczne t. j. charakterystyka przepływu i krzywa błędów, oraz krzywe, przedstawiające zależność zasięgu regulacji i stopnia regulacji od natężenia przepływu.

Charakterystyką przepływu (rys. 1) nazywamy krzywą, przedstawiającą zależność pomiędzy spadkiem ciśnienia a natężeniem przepływu:

$$\Delta h = f(Q). \quad [2]$$

Krzywa ta ograniczona jest następującymi natężeniami przepływu:  $Q = 0$  i  $Q = Q_s$ ,

przyczem  $Q_s$  oznacza dopuszczalne obciążenie szczytowe wodomierza.

Charakterystyka przepływu wodomierzy pojedynczych jest parabolą o równaniu:

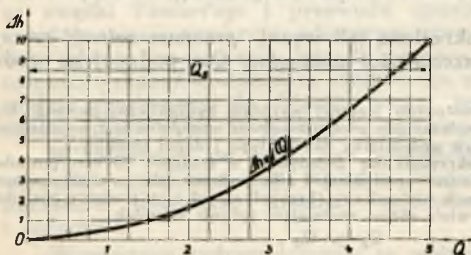
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{\Delta h_2}}. \quad [3]$$

Błędem wskazań wodomierza nazywamy iloraz, powstały z podzielenia różnicy pomiędzy objętością wody, wskazaną przez wodomierz a objętością, jaka w rzeczywistości przez wodomierz przepłynęła, przez objętość rzeczywistą:

$$\varepsilon = \frac{V_w - V_r}{V_r}. \quad [4a]$$

Błędy wskazań wyrażamy najczęściej stosunkiem procentowym:

$$\varepsilon \% = \frac{V_w - V_r}{V_r} \cdot 100\%. \quad [4b]$$



Rys. 1.

Charakterystyka przepływu wodomierza pojedynczego.

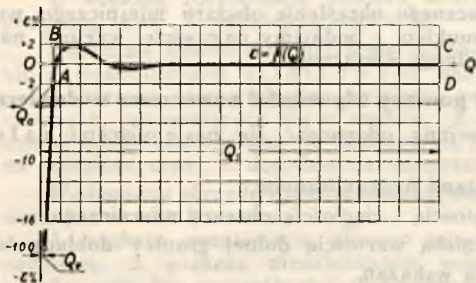
Charakterystyka przepływu wodomierza pojedynczego.

Krzywa błędów (rys. 2) jest obrazem geometrycznym zależności błędów wskazań wodomierza od natężenia przepływu:  

$$\varepsilon = f(Q). \quad [5]$$

Krzywa błędów wodomierza silnikowego pojedynczego ma przebieg następujący:

Przy natężeniach przepływu, mniejszych od natężenia  $Q_e$ , przy którym następuje *rozwuch*<sup>1)</sup> wodomierza, przepływająca woda nie może pokonać oporów mechanizmu, wskutek czego wodomierz nie mierzy przepływającej przezeń wody. Błąd wskazań wynosi wówczas  $\varepsilon = -100\%$ . W obszarze, ograniczonym natężeniem przepływu  $Q_e$ , charakteryzującym czułość wodomierza i natężeniem przepływu  $Q_a$ , odpowiadającym przecięciu



Rys. 2.

Krzywa błędów wodomierza pojedynczego.

regulacyjnego staje się wyczuwalny zaczyna nagle opadać, przechodząc w gałąź w przybliżeniu poziomą.

Natężenie przepływu  $Q_a$ , odpowiadające punktowi przecięcia się stromo wznoszącej się gałęzi krzywej błędów z odciętą  $\varepsilon = -2\%$ , stanowi *dolną granicę obszaru mierniczego*, zwaną również *granicą dokładności*.

Pole ABCD, ograniczone proslami  $\varepsilon = +2\%$  i  $\varepsilon = -2\%$ , odpowiadającymi dopuszczalnym błędom wskazań oraz rzędnymi  $Q = Q_a$  i  $Q = Q_s$  nazywamy *połem dokładności* (rys. 2).

Przebieg krzywej błędów wodomierzy silnikowych pojedynczych innych systemów posiada mniej więcej ten sam charakter, co krzywa błędów wodomierza skrzydełkowego pojedynczego, przedstawiona na rys. 2.

*Zasięgiem regulacji* wodomierza przy danym natężeniu przepływu nazywamy bezwzględną wartość różnicy błędów wskazań, odpowiadających skrajnym położeniom organu regulacyjnego.

*Stopień regulacji* określamy zmianą błędu wskazań, odpowiadającą pewnej ściśle określ. zmianie położenia organu regulacyjnego.

<sup>1)</sup> Wartość liczbowa rozruchu odpowiada temu natężeniu przepływu, od którego począwszy wzwyż wskazówka wodomierza, odpowiadająca najmniejszym objętościom, obraca się zdecydowanym ruchem ciągłym.

Np. jeśli organem regulacyjnym jest płytka regulacyjna, wykonywująca ruch obrotowy, wówczas stopień regulacji możemy określić przyrostem błędów wskazań, przypadającym na jednostkowy kąt obrotu.

**Obszarem mierniczym** wodomierza nazywamy ciągły obszar zmienności natężeń przepływu, ograniczony natężeniem przepływu, odpowiadającym granicy dokładności  $Q_a$  i najwyższym dopuszczalnym obciążeniem  $Q_s$ .

Wyróżnikiem liczbowym obszaru mierniczego jest stosunek:

$$\xi = \frac{Q_a}{Q_s} \quad [6]$$

lub różnica:

$$y = Q_s - Q_a \quad [7]$$

Celem jednoznacznego określenia obszaru mierniczego wodomierza poza stosunkiem  $\xi$  podajemy najczęściej wartość najwyższego dopuszczalnego obciążenia.

#### 4. Warunki, którym powinny odpowiadać nowoczesne wodomierze

Wodomierze powinny odznaczać się następującymi zaletami:

1. małymi stratami hydraulicznymi,
2. dużą rozpiętością i ciągłością obszaru mierniczego,
3. czułością i niską wartością dolnej granicy dokładności,
4. dokładnością wskazań,
5. łatwością regulacji (regulacja zewnętrzna),
6. niezmiennością wskazań w czasie,
7. niezależnością wskazań od wysokości ciśnienia dopływowego,
8. niezależnością wskazań zmienności natężenia przepływu,
9. niezależnością wskazań od warunków wbudowania,
10. dogodnym odczytywaniem stanów wodomierza na tarczy liczbowej,
11. dogodnością przenoszenia wskazań na odległość i łatwością zdejmowania krzywych zużycia i krzywych natężeń przepływu,
12. niezawodnością działania,
13. niewrażliwością na zanieczyszczenia i osady,
14. zwartością konstrukcji, a w szczególności niewielkimi długościami wbudowania,
15. łatwością zabezpieczenia dostępu do wnętrza wodomierza przed osobami niepowołanymi,
16. dogodnością montażu i demontażu,
17. łatwością wyjmowania i wstawiania w sieć,
18. łatwością i niskimi kosztami naprawy (wymienność części składowych).

Wyżej wymienione zalety można osiągnąć przez:

1. racjonalne ukształtowanie pod względem hydraulicznym wodomierza,
2. prawidłowe rozwiązanie pod względem konstrukcyjnym i wytrzymałościowym wszystkich części składowych wodomierza,
3. właściwy dobór materiałów konstrukcyjnych,
4. staranną obróbkę części czynnych,
5. staranne wyregulowanie wodomierza.

### 5. Porównanie poszczególnych systemów wodomierzy

*Wodomierze silnikowe* odznaczają się w porównaniu z wodomierzami z ę ż k o w e m i następującymi zaletami:

1. większą rozpiętością obszaru mierniczego, 2. większą czułością, oraz 3. łatwiejszą regulacją.

Natomiast *wodomierze zwężkowe* odznaczają się w porównaniu z wodomierzami s i l n i k o w e m i następującymi zaletami:

1. wysoką niezawodnością działania wskutek braku części czynnych, poruszających się w wodzie, 2. niezależnością wskazań od temperatury wody, 3. dogodnością przenoszenia wskazań na odległość, oraz 4. dogodnością rejestracji natężeń przepływu.

*Wodomierze skrzydełkowe* odznaczają się w porównaniu z wodomierzami ś r u b o w e m i :

1. większą rozpiętością obszaru mierniczego, 2. większą czułością, 3. większą niezależnością wskazań od warunków wbudowania (w szczególności wodomierze wielostrumieniowe), a w porównaniu z wodomierzami k o m o r o w e m i :

1. łatwością regulacji, 2. mniejszą wrażliwością na zanieczyszczenia, 3. łatwością naprawy i niskimi kosztami naprawy (w szczególności wodomierze jednostrumieniowe).

*Wodomierze śrubowe* odznaczają się w porównaniu z wodomierzami s i l n i k o w e m i innych systemów znikomymi stratami hydraulicznymi, a zatem dużymi przepuszczalnościami. Największymi wadami wodomierzy śrubowych są: stosunkowo ciasny obszar mierniczy, mała czułość i znaczna wrażliwość na warunki wbudowania.

*Wodomierze komorowe (puszkowe i tarczowe)* odznaczają się następującymi zaletami w porównaniu z wodomierzami s i l n i k o w e m i w i r n i k o w e m i :

1. większą rozpiętością obszaru mierniczego,
2. większą czułością i niższymi wartościami dolnej granicy obszaru mierniczego,
3. większą dokładnością wskazań.

*Wodomierze komorowe* posiadają następujące wady w porównaniu z wodomierzami w i r n i k o w e m i :

1. zmienność wskazań w czasie, 2. większa zawodność działania, 3. wrażliwość na zanieczyszczenia, 4. trudności i wysokie koszty naprawy.

## 6. Dopuszczalne obciążenia

Celem zachowania zalet mechanicznych i mierniczych wodomierzy przez możliwie długi okres czasu, stosuje się w praktyce wodociągowej normy *dopuszczalnych obciążeń*, ustalone na podstawie badań, przeprowadzonych przez zakłady wodociągowe, przodujące w gospodarce wodomierzowej.

*Dopuszczalnymi obciążeniami* nazywamy natężenia przepływu, jakie mogą działać na wodomierz przez pewien okres czasu bez uszczerbku dla jego własności mechanicznych i mierniczych. Wartości dopuszczalnych obciążeń wyrażamy w  $s/h$  z zaznaczeniem okresu czasu, w którym dane obciążenie dopuszczalne może zachodzić lub też w sterach, przypadających na ten okres czasu (np. w  $s/24h$ ).

*Najwyższe dopuszczalne obciążenie (obciążenie szczytowe)* odpowiada natężeniu przepływu, które może zachodzić w wodomierzu najwyżej kilka razy w ciągu doby przez krótki, kilkunastominutowy, okres czasu bez szkody dla jego własności mechanicznych i mierniczych.

Analogicznie możemy określić inne, stosowane w praktyce wodociągowej, dopuszczalne obciążenia, a mianowicie: *dopuszczalne obciążenie godzinne*, *dopuszczalne obciążenie dobowe* przy 10-o godzinnej pracy i *dopuszczalne obciążenie dobowe* przy 24-o godzinnej pracy oraz *dopuszczalne obciążenie miesięczne*, jako największe objętości, które mogą przepłynąć przez wodomierz bez uszczerbku dla jego zalet mechanicznych i mierniczych odpowiednio w ciągu godziny, 10-u godzin na dobę, doby lub miesiąca.

Norma dopuszczalnego obciążenia miesięcznego posiada dla zakładów wodociągowych największe znaczenie ze względu na dogodność wyznaczania, nie wymagającą ani specjalnych przyrządów, ani też oddzielnego personelu technicznego.

## 7. Warunki prawidłowego wbudowania

*Prawidłowe wbudowanie wodomierza:*

1. umożliwiała należyte działanie wodomierza,
2. uniezależnia wskazania wodomierza od wpływu czynników przypadkowych, oraz
3. chroni części ruchome przed przedwczesnym zużyciem.

*Prawidłowe wbudowanie wodomierza zależy od spełnienia następujących warunków:*

1. wodomierze powinny działać we właściwym położeniu,
2. wodomierze powinny być umieszczane w przewodach poziomych lub pionowych, o ile konstrukcja wodomierza na to pozwala. Umieszczanie wodomierzy silnikowych w przewodach pochyłych jest niedopuszczalne, a wodomierzy zwężkowych niewskazane,

3. średnica wodomierza powinna być równa lub mniejsza od średnicy rurociągu,

4. przejście z przewodu o średnicy większej do średnicy wodomierza i odwrotnie powinno odbywać się przy pomocy łączników redukcyjnych o kącie rozwarcia:  $\delta \leq 30^\circ$ .

5 zawory dopływowy i odpływowy powinny być umieszczone w takich odległościach, by wpływ ich na wskazania wodomierza był niewyczuwalny.

Poza tem przy wbudowywaniu wodomierzy wodociągowych należy przestrzegać ogólnej zasady, by wodomierze te pracowały z przeciwnością t. zn. poza wodomierzem ciśnienie powinno być wyższe od ciśnienia atmosferycznego.

## I. Wodomierze skrzydełkowe

### 1. Określenia podstawowe i klasyfikacja

Wodomierzami *skrzydełkowymi* nazywamy wodomierze silnikowe wirnikowe, których organem mierniczym jest wirnik o osi pionowej, zasilany częściowo lub na całym obwodzie strugami, prostopadłymi do osi.

Wodomierze *skrzydełkowe* dzielimy na *jednostrumieniowe* i *wielostrumieniowe*<sup>1)</sup>.

W wodomierzach *jednostrumieniowych* (rys. 3) woda, wpływająca do wnętrza osłony przez kanał wlotowy, zasila wirnik zwartym strumieniem na części obwodu, poczem uchodzi z wodomierza przez kanał odpływowy.

W wodomierzach *wielostrumieniowych* (rys. 4) wirnik jest umieszczony w puszcze zasilającej, zaopatrzonej w szereg skośnie wywierconych otworków, których osie, leżące na płaszczyźnie poziomej, są nachylone pod tym samym kątem względem osi wirnika. Strumień wody przepływa przez kanał dopływowy i rozdziela się na szereg strug, wpływających przez skośne otworki do wnętrza puszek, w której

jest umieszczony wirnik, zasilając go równomiernie na całym obwodzie.

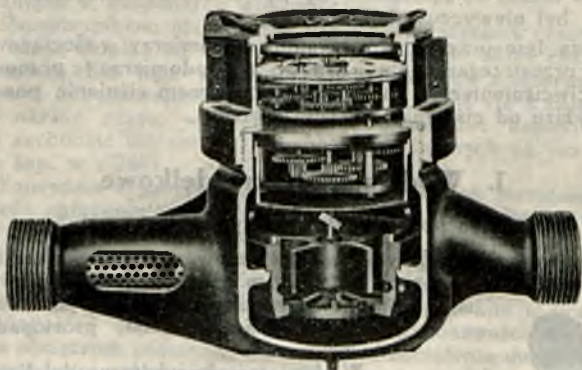
W zależności od tego, czy mechanizm wodomierzowy dzieli się na *mechanizm biegów*, pracujący w wodzie i *mechanizm*

<sup>1)</sup> Wodomierze *skrzydełkowe jednostrumieniowe* odznaczają się w porównaniu z wodomierzami *wielostrumieniowymi* następującymi zaletami: 1. prostszą konstrukcją, 2. mniejszą wrażliwością na zanieczyszczenia, 3. niższymi kosztami wykonania i naprawy. Ponieważ pod względem metrologicznym dorównują wodomierzom wielostrumieniowym, przeto polskie wytwórnie wodomierzowe ograniczyły swą produkcję do wodomierzy skrzydełkowych jednostrumieniowych.



Rys. 3.  
Wodomierz skrzydełkowy  
jednostrumieniowy  
typu PWP.

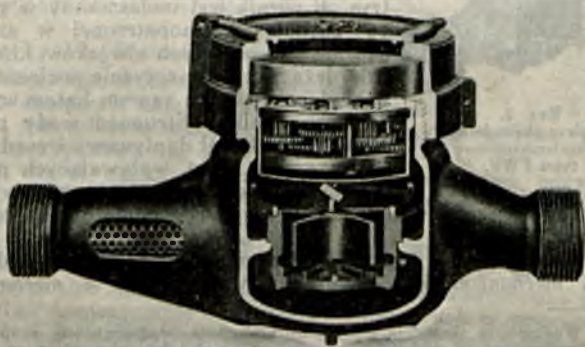
liczydła, pracujący w obszarze suchym, dzielimy wodomierze skrzydełkowe na *wodomierze suche (suchobieżne)* (rys. 3, 4 i 6) i *wodomierze mokre (mokrobieżne)* (rys. 5).



Rys. 4.

Wodomierz skrzydełkowy wielostrumieniowy suchobieżny typu Siemens & Halske.

W zależności od konstrukcji liczydła dzielimy wodomierze skrzydełkowe na wodomierze, zaopatrzone w *liczydła z obracającymi się wskazówkami* i wodomierze, zaopatrzone w *liczydła*



Rys. 5.

Wodomierz skrzydełkowy wielostrumieniowy mokrobieżny typu Siemens & Halske.

z przeskakującymi cyframi. Liczydła z obracającymi się wskazówkami są bardziej niezawodne w działaniu, a liczydła z przeskakującymi cyframi dogodniejsze w odczytywaniu stanów wodomierza.

## 2. Zakres stosowalności

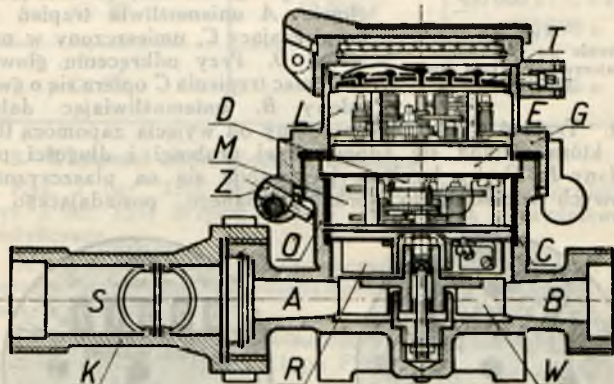
Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze stosuje się do pomiaru wody, oddawanej bezpośrednio do użytku w posesjach małych i średniego typu, w których zmienność zapotrzebowania nie przekracza granicy 1:100.

Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze wykonywa się o średnicach od 7 mm do 150 mm. Polskie wytwórnie wodomierzowe wyrabiają wodomierze skrzydełkowe o średnicach, dochodzących do 80 mm, opierając się na założeniu, iż przy większym zapotrzebowaniu wody należy raczej stosować wodomierze śrubowe pojedyncze lub sprężone.

## 3. Opis konstrukcji.

Konstrukcję wodomierza skrzydełkowego pojedynczego jednostrumieniowego, wyrobu firmy „Polski Wodomierz” przedstawia rys. 6.

Woda wpływa do wodomierza przez króciec wlotowy K, w którym znajduje się osadnik S, poczem przez stożkowy kanał wlotowy A wpada zwartym strumieniem do wnętrza osłony O,



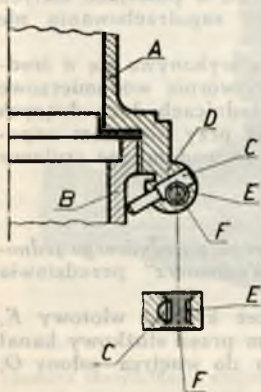
Rys. 6.

Wodomierz skrzydełkowy jednostrumieniowy typu PWP.

w której znajduje się wirnik W. Strumień przepływającej wody wywiera na wirnik jednostronny napór hydrodynamiczny, powodując jego obrót, poczem uchodzi z wodomierza przez kanał odpływowy B. Obroty wirnika W przenoszą się za pośrednic-



twem mechanizmu biegów  $M$  na mechanizm liczydła  $L$ , oddzielony od mechanizmu biegów zapomocą płytki łożyskowej  $E$ , w której jest umieszczona dławnica  $D$ . Mechanizm liczydła składa się z czołowych kółek zębatych, przenoszących ruch wirnika na wskazówki, umieszczone nad tarczą liczbową  $T$  lub też z czołowych kółek zębatych i przekładni ślimakowej, przenoszącej ruch wirnika na krążki cyfrowe, umieszczone pod nieruchomymi wy-



Rys. 7.

Urządzenie do cechowania wodomierzy bez użycia drutu typu PWP.

krojami tarczy liczbowej. Mechanizm biegów  $M$  znajduje się we wnętrzu czarki regulacyjnej  $C$ ; na dolnej powierzchni tej czarki znajduje się płytka regulacyjna  $R$ , umożliwiająca regulowanie wodomierza. Mechanizm liczydła znajduje się we wnętrzu głowicy  $G$ , nakręcanej na osłonę  $O$  i zabezpieczonej przed odkręceniem za pomocą urządzenia zabezpieczającego  $Z$ .

Wodomierze skrzydełkowe typu PWP są zaopatrzone w urządzenie, umożliwiające cechowanie bez użycia drutu, a zarazem chroniące cechę legalizacyjną przed uszkodzeniem (rys. 7). Zasada powyższego urządzenia polega na tym, iż odkręcenie głowicy  $A$  uniemożliwia trzpień zabezpieczający  $C$ , umieszczony w nadlewku  $D$ . Przy odkręceniu głowicy  $A$ , koniec trzpienia  $C$  opiera się o gwint osłony  $B$ , uniemożliwiając dalszy

obrót. Trzpień  $C$  jest zabezpieczony od wyjęcia zapomocą tulei  $E$ , w którą wkłada się odpowiedniej grubości i długości pręt ołowiany  $F$ . Cechy legalizacyjne wybija się na płaszczyznach czołowych rozklepanego korka ołowianego, posiadającego po



Rys. 8.

Tarcza liczbowa z zataczającymi się wskazówkami.



Rys. 9.

Tarcza liczbowa z przeskakującymi cyframi.

rozklepaniu kształt słupka, złożonego z cylindrycznego trzona i dwu stożkowych podstaw. Kształt ołowianego korka stanowi gwarancję, iż wtargnięcie do wnętrza osłony bez zniszczenia cech legalizacyjnych jest niemożliwe.

Rys. 8 przedstawia tarczę liczbową wodomierza typu PWP ze wskazówkami, obracającymi się dokoła kołowych podziałek, rozmieszczonych na tarczy liczbowej, a rys. 9 tarczę liczbową wodomierza z krążkami liczbowymi, przeskakującymi pod nieruchomymi wykrojami tarczy liczbowej.

#### 4. Obszar rejestracji

Obszar rejestracji wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych o przepuszczalnościach nominalnych  $Q_n \leq 20$  s/h powinien wynosić co najmniej 10 000 s, a w wodomierzach o większych przepuszczalnościach — co najmniej 100 000 s.

Obszary rejestracji wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych wyrobu firmy „Polski Wodomierz” zestawiono w poniższej tabelce.

Przepuszczalność nominalna $Q_n$ s/h	L i c z y d ł o	
	z zataczającymi się wskazówkami	z przeskakującymi cyframi
$\leq 20$	10 000 s	10 000 s ( $\leq 5$ s/h) 100 000 s
$> 20$	—	100 000 s

#### 5. Własności hydrauliczne i miernicze

Rys. 1 (str. 152) przedstawia *charakterystykę przepływu*, a rys. 2 (str. 153) *krzywą błędów* wodomierza skrzydełkowego pojedynczego.

Zasięg regulacji wodomierzy skrzydełkowych typu PWP przy natężeniu przepływu, odpowiadającym przepuszczalności nominalnej, wynosi 10%.

Tablica I przedstawia własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy skrzydełkowych typu PWP.

#### 6. Dopuszczalne obciążenia

Najwyższe dopuszczalne obciążenie wodomierza skrzydełkowego pojedynczego nie powinno przekraczać natężenia przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody w obrębie wodomierza; dopuszczalne obciążenie godzinne wyraża się objętością wody, której wartość liczbowa stanowi połowę przepuszczalności nominalnej. Wartość liczbowa dopuszczalnego

Tablica I.

**Wodomierze skrzydełkowe PWP**  
Własności hydrauliczne i miernicze

Srednica nominalna	$d$ mm	10	15	20	25	30	40	50
Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	2	3	5	7	10	20	30
Dolna granica dokładności	$Q_a$ l/h	30	35	50	80	125	250	500
Rozruch	$Q_e$ l/h	20	23	25	50	90	125	170
Dopuszczalne obciążenie godzinne	$Q_h$ s/h	1	1,5	2,5	3,5	5,0	10	15
Dopuszczalne obciążenie dobowe	$Q_d$ s/24h	4	6	10	14	20	40	60
Dopuszczalne obciążenie miesięczne	$Q_t$ s/mc	60	90	150	210	300	600	900
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_n}$	1:66,6	1:85,7	1:100	1:87,5	1:80	1:80	1:60

*obciążenia dobowego* jest równa dwukrotności przepuszczalności nominalnej. Objętość wody, jaka może przepłynąć przez wodomierz skrzydełkowy pojedynczy w miesiącu, nie powinna być większa od objętości, powstałej przez pomnożenie przepuszczalności nominalnej przez ilość dni w miesiącu.

A zatem:

$$Q_s = Q_r; \quad Q_h = \frac{Q_n}{2}; \quad Q_d = 2 |Q_n| \text{ s/24h}; \quad Q_t = 30 |Q_n| \text{ s/mc}$$

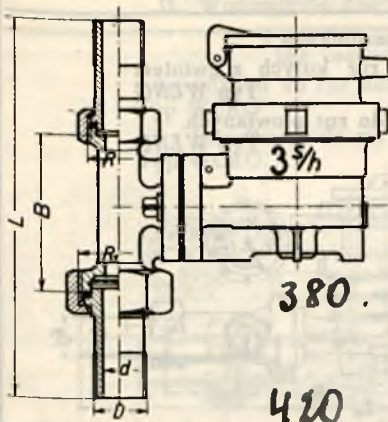
### 7. Warunki prawidłowego wbudowania

Przy wbudowywaniu w sieć wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych należy przestrzegać ogólnych zasad prawidłowego wbudowania wodomierzy.

Celem ułatwienia wstawienia wodomierza w sieć wodociągową wymiary wbudowania powinny być znormalizowane.

Tablice IIa i IIb (str. 164 i 165) podają zasadnicze wymiary wbudowania wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych typu PWP o przepuszczalnościach od 3 s/h do 20 s/h.

## 8. Wodomierze skrzydełkowe do przewodów pionowych



Rys. 10 a.



Rys. 10 b.

Wodomierz skrzydełkowy PWP do przewodów pionowych.

Wodomierze skrzydełkowe do przewodów pionowych umieszcza się w mieszkaniach lub mniejszych domach, w których wykonanie studzienki wodomierzowej napotyka na trudności. Wodomierze tego typu różnią się od zwykłych wodomierzy kształtowaniem kanałów: dopływowego i odpływowego, które znajdują się w wspólnym króćcu. Włączenie wodomierza w sieć umożliwia łącznik z kanałami: dopływowym i odpływowym (rys. 10).

160  
80  
240

Zasada działania i własności miernicze wodomierzy skrzydełkowych do przewodów pionowych są te same, co wodomierzy skrzydełkowych zwykłych.

Tablica III (str. 166) podaje stosowane wielkości oraz zasadnicze wymiary wbudowania wodomierzy skrzydełkowych, wyrobu firmy „Polski Wodomierz”, do przewodów pionowych z łącznikami do rur kutyk z gwintem

500  
460  
400  
350  
240

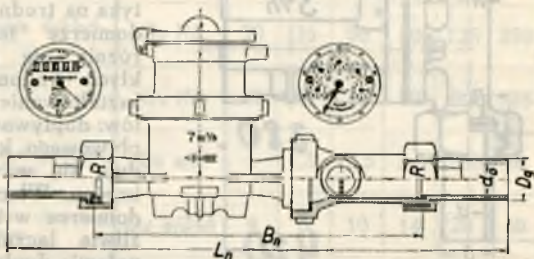
typu WCPG

oraz

typu WLPG.

### I. Wodomierze budowy normalnej

z osadnikiem i  
 łącznikami do rur kutych z gwintem  
 Typ WCNG Typ WLNG  
 łącznikami do rur olowanych  
 Typ WCNO Typ WLNO



Średnica nominalna	$D_n$ mm	10	15	20	25	30	40
Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	2	3	5	7	10	20
Długość wbudowania	$B_n$ mm	220	220	220	260	260	300
Gwint PN/G—301	$R$ cale	1	1	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	2

#### dla WCNG oraz WLNG

Łączniki	średnica wewnętrzna	$d_o$ mm	20	20	20	25	30	40
	gwint PN/G—301	$D_g$ cale	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$

#### dla WCNO oraz WLNO

Łączniki	średnica wewnętrzna	$d_o$ mm	20	20	20	25	30	40
	średnica zewnętrzna	$D_o$ mm	25	25	25	30	35	45

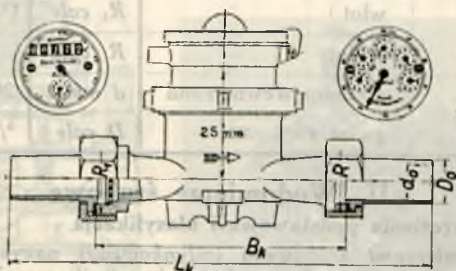
Objaśnienie symboli:

C — liczydło z krążkami cyfrowymi  
 K — typ krótki  
 G — łącznik do rur gwintowanych

L — liczydło ze wskazówkami  
 N — typ znormalizowany  
 O — łącznik do rur olowanych.

## II. Wodomierze budowy krótkiej

bez osadnika  
 z łącznikami do rur kutych z gwintem  
 Typ WCKG Typ WLKG  
 z łącznikami do rur ołowianych  
 Typ WCKO Typ WLKO



Średnica nominalna		$D_n$ mm	10	15	20	25	30	40	50
Przepuszczalność nomin.		$Q_n$ s/h	2	3	5	7	10	20	30
Długość wbudowania		$B_k$ mm	130	130	140	175	178	190	271
Gwint PN/G-301	włot	$R_1$ cale	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	wylot	$R$ cale	1	1	1	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	2	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
dla WCKG oraz WLKG									
Łączniki	średnica wewnętrzna	$d_o$ mm	20	20	20	25	30	40	50
	gwint PN/G—301	$D_g$ cale	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2
dla WCKO oraz WLKO									
Łączniki	średnica wewnętrzna	$d_o$ mm	20	20	20	25	30	40	—
	średnica zewnętrzna	$D_o$ mm	25	25	25	30	35	45	—

Uwaga: Wodomierze skrzydełkowe o średnicy nominalnej  $D_n = 50$  mm również w wykonaniu z kolnierzami wg. norm z r. 1882 lub PN/B-804; długość wbudowania wodomierza z kolnierzami  $L = B_k = 271$  mm.

Tablica III.

Wodomierze skrzydełkowe PWP				
Typ WCPG		do przewodów pionowych		Typ WLPG
Średnica nominalna		$d_n$ mm	15	20
Przepuszczalność nominalna		$Q_n$ s/h	3	5
Długość wbudowania		$B$ mm	90	100
Gwint PN/G—301	wlot	$R_1$ cale	1 <sup>1/4</sup>	1 <sup>1/4</sup>   1 <sup>1/2</sup>
	wylot	$R$ cale	1	1   1 <sup>1/4</sup>
Łączniki	średnica wewnętrzna	$d$ mm	20	20   25
	gwint PN/G—301	$D$ cale	3/4	3/4   1

## II. Wodomierze śrubowe

### 1. Określenia podstawowe i klasyfikacja

*Wodomierzami śrubowymi (młynkowymi)* nazywamy wodomierze silnikowe wirnikowe, których wirnik o osi wpadającej w kierunku przepływającego strumienia, jest zaopatrzony w szereg łopatek śrubowych.

*Wodomierze śrubowe pojedyncze* dzielimy na wodomierze o osi poziomej i wodomierze o osi pionowej. Ponadto wodomierze śrubowe dzielimy na wodomierze zwykłe i wodomierze do celów specjalnych jak np. wodomierze śrubowe *hydrantowe, stojakowe, studzienne, kotłowe* i t. d.

### 2. Zakres stosowności

*Wodomierze śrubowe pojedyncze* stosuje się do pomiaru wody w tych wypadkach, gdy zapotrzebowanie wody jest duże i nie ulega zbyt silnym wahaniom. W szczególności wodomierzy śrubowych używa się do pomiaru wody, dostarczanej do zakładów przemysłowych, przy zasilaniu lokomotyw, przy określaniu objętości przepływu w zakładach o sile wodnej, do wyznaczania wydajności pomp odśrodkowych. Ponadto wodomierze śrubowe stosuje się do pomiaru wody, dostarczanej do poszczególnych dzielnic miejskich, osiedli lub kolonij mieszkalnych. W przewodach ssących pomp odśrodkowych umieszcza się t. zw. *wodomierze śrubowe studzienne*. Wodomierzy śrubowych pojedynczych używa się również jako *wodomierzy stojakowych* i *wodomierzy hydrantowych*, umożliwiających przeprowadzanie dorywczych pomiarów wody, pobieranej przy napełnianiu wozów do polewania ulic, przy gaszeniu pożarów i t. p.

Wodomierze śrubowe pojedyncze wykonywa się o średnicach:

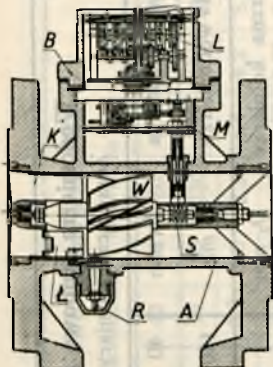
$$40 \text{ mm} < D_n < 1000 \text{ mm.}$$

### 3. Opis konstrukcji

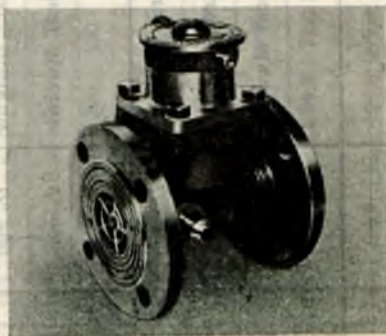
*Wodomierz śrubowy pojedynczy* (rys. 11) składa się z osłony *A*, utworzonej przez cylindryczną prostkę rurową, z wirnika *W*, zaopatrzonego w szereg łopatek śrubowych, i mechanizmu wodomierzowego, umieszczonego w cylindrycznej nasadzie, tworzącej jedną całość z osłoną.

Działanie wodomierza śrubowego jest następujące:

Woda wpływa do wnętrza wodomierza przez kierownicę strumienia *K* i zasila łopatki śrubowe wirnika *W*. Napór hydro-



Rys. 11 a.



Rys. 11 b.

Wodomierz śrubowy pojedynczy typu PWP.

dynamiczny, wywierany na łopatki przez przepływający strumień, powoduje obrót wirnika. Przekładnia ślimakowa *S* przenosi obroty wirnika na mechanizm biegów *M* oraz liczydło *L*, umieszczone w głowicy *B*.

Osłona wodomierzy śrubowych jest wykonywana z brązu ( $D_n \leq 50 \text{ mm}$ ) lub z drobnoziarnistego żeliwa ( $D_n > 50 \text{ mm}$ ), przyczem wewnątrz wodomierzy o średnicach  $D_n > 50 \text{ mm}$  jest wyłożone cylindryczną tuleją brązową.

Wodomierze śrubowe nie posiadają osadników; większe zanieczyszczenia zatrzymują się na kierownicy strumienia, drobne zawiesiny i cząstki stałe przedostają się pomiędzy łopatkami wirnika a osłoną, nie osadzając się we wnętrzu wodomierza.

Kierownica strumienia, wykonana z brązu, składa się z piasty w kształcie ciała obrotowego oraz szeregu, promieniowo rozmieszczonych żeberk o profilu opływowym. Piasta kierownicy umożliwia zasilanie wirnika strugami, równoległymi do osi wirnika, a zarazem chroni jego piastę przed działaniem naporu hydrodynamicznego. W wodomierzach śrubowych typu PWP piasta kierownicy strumienia, piasta wirnika oraz tuleja, okala-



**Wodomierze śrubowe pojedyncze PWP**  
Zasadnicze wymiary wbudowania

Tablica IV.

Średnica nominalna wodomierza		$D_n$ mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300									
Długość wbudowania wodomierza		$L$ mm	130	155	205	240	250	250	260	330	400									
Kołnierze wg. norm z r. 1882		Średn. zewnętrzna kołnierzy	gwint $R 2''$ (do hydranta nadziemnego)																	
		Średnica rozmieszcz. otworów										$D_2$ mm	160	200	230	260	290	350	400	450
		Wielkość (średnica) otworów										$D_o$ mm	125	160	180	210	240	300	350	400
		Ilość otworów										$d_o$ mm	18	20	20	21	22	23	24	25
Kołnierze wg. PN/B-804		Średnica zewnętrz. kołnierzy	$D_2$ mm	4	4	4	4	6	6	8	8									
				165	200	220	250	285	340	395	445									
		Średnica rozmieszcz. otworów	$D_o$ mm	4	4	4	4	8	8	12	12									
				125	160	180	210	240	295	350	400									
Wielkość (średnica) otworów	$d_o$ mm	18	19	20	21	22	23	24	25											
		4	4	8	8	8	12	12	12											
Ilość otworów		$n$	3	10	18	25	30	37	55	72	110									
Ciężar (około)		kg																		

## Wodomierze śrubowe pojedyncze PWP

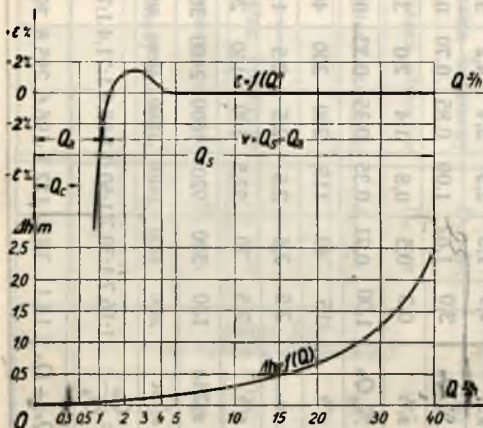
Własności hydrauliczne i miernicze

	Własności hydrauliczne i miernicze										
	40	50	80	100	125	150	200	250	300		
Srednica nominalna wodomierza	$D_n$ mm	40	50	80	100	125	150	200	250	300	
Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	30	80	230	400	600	1000	1900	3300	5000	
	$Q_a$ s/h	0,9	1,3	2,3	3,4	4,2	5,5	10	18	35	
Dolna granica dokładności	$Q_a$ % $Q_n$	3,0	1,62	1,00	0,85	0,70	0,55	0,53	0,55	0,70	
	$Q_e$ s/h	0,3	0,5	0,8	1,4	2,0	3,1	5,7	10	15	
Rozruch	$Q_e$ % $Q_n$	1,00	0,71	0,35	0,35	0,33	0,31	0,30	0,30	0,30	
	$Q_s$ s/h	15	40	115	200	300	400	760	1300	2000	
Najwyż. dopuszczalne obciążenie	$\Delta h$ m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	
	$Q_h$ s/h	7,5	20	57,5	100	150	200	380	650	1000	
Dopuszczalne obciążenia	$Q_d$ s/24h	120	320	920	1600	2400	3000	5700	9750	15000	
	$Q_t$ s/mc	2400	6400	18400	32000	48000	60000	114000	195000	300000	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_s}$	1:16,7	1:30,7	1:50,0	1:58,8	1:71,4	1:72,7	1:76,0	1:72,2	1:57,1	
	$\nu = Q_s - Q_a$	14,1	38,7	112,7	196,6	295,8	394,5	750,0	1282	1965	

jąca przekładnię ślimakową, tworzą ciało o kształcie ichtjoidalnym (opływowym), co powoduje równomierny przepływ wody przez wodomierz i zmniejsza straty hydrauliczne.

Wirnik składa się z pustej piasty oraz z szeregu łopatek śrubowych, rozmieszczonych na jej obwodzie.

Nowoczesne typy wodomierzy śrubowych są zaopatrzone w łopatkę regulacyjną  $\bar{L}$ , osadzoną obrotowo w jednym z żeberk kierownicy strumienia. Zmianę momentu obrotowego uzyskuje się przez odchylenie strumienia za pomocą łopatki regulacyjnej.



Rys. 12.

Krzywe charakterystyczne (charakterystyka przepływu i krzywa błędów) wodomierza śrubowego pojedynczego o średnicy 50 mm.

#### 4. Obszar rejestracji

Obszar rejestracji wodomierzy śrubowych typu PWP o średnicy 50 mm wynosi 100 000 s, a wodomierzy śrubowych większych rozmiarów — 1 000 000 s.

#### 5. Własności hydrauliczne i miernicze

Rys. 12 przedstawia krzywe charakterystyczne wodomierza śrubowego pojedynczego typu PWP o średnicy 50 mm.

Zasięg regulacji wodomierzy śrubowych przy natężeniu przepływu, odpowiadającym obciążeniu szczytowemu, dochodzi do 10%.

Tablica V (str. 169) przedstawia własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy śrubowych pojedynczych, wyrobu firmy „Polski Wodomierz”.

Mechanizm liczydła w wodomierzach śrubowych niczem zasadniczo nie różni się od mechanizmu w wodomierzach skrzydełkowych. Mechanizmy liczydła są wykonane w dwu odmianach, a więc z obracającymi się wskazówkami i z przeskakującymi cyframi.

Tablica IV (str. 168) przedstawia zasadnicze wymiary wodomierzy śrubowych pojedynczych typu PWP.

Normy dopuszczalnych obciążeń wodomierzy śrubowych						
Przepuszczalność nominalna	Dopuszczalne obciążenie					
	szczytowe	godzinne	dobowe		miesięczne	
$Q_n \leq 500 \text{ s/h}$	$\frac{Q_n}{2}$	$\frac{Q_n}{4}$	$2 [Q_n]$	$4 [Q_n]$	$40 [Q_n]$	$80 [Q_n]$
$Q_n > 500 \text{ s/h}$	$\frac{Q_n}{2,5}$	$\frac{Q_n}{5}$	$1,5 [Q_n]$	$3 [Q_n]$	$30 [Q_n]$	$60 [Q_n]$
Przy pracy			10-o	24-o	10-o	24-o
godzinnej						

### 7. Warunki prawidłowego wbudowania

Wodomierze śrubowe są wodomierzami wodociągowymi, a zatem konstrukcja ich jest przystosowana do pomiaru wody, przepływającej przez przewody zamknięte pod ciśnieniem. Całkowite wypełnienie przewodu wodą jest koniecznym warunkiem prawidłowego działania wodomierza. Drugim zasadniczym warunkiem, od którego spełnienia zależy dokładność wskazań i niezmiennosc ich w czasie jest zachowanie osiowej symetrii w zasilaniu wirnika.

W szczególności powinny być spełnione poniższe warunki:

1. Gdy średnica nominalna wodomierza  $D_n$  jest równa średnicy rurociągu  $D_r$ , wówczas długość prostki rurowej przed wodomierzem powinna wynosić co najmniej:

$$L_1 \geq 10 D_r,$$

a długość prostki poza wodomierzem:

$$L_2 \geq 5 D_r.$$

2. Gdy średnica wodomierza śrubowego jest mniejsza od średnicy przewodu, wówczas:

$$L_1 \geq 5 D_r \quad L_2 \geq 2,5 D_r.$$

Zawory: dopływowy i odpływowy, umieszczone w odległościach wyżej podanych przed i poza wodomierzem śrubowym, powinny być w okresie działania wodomierza całkowicie otwarte.

Tablica VII przedstawia przykłady prawidłowego wbudowania wodomierzy śrubowych pojedynczych. W tablicy tej wprowadzono następujące symbole:

WM — wodomierz śrubowy pojedynczy,  $Z_1$  — zawór dopływowy,  $Z_2$  — zawór odpływowy,  $R_1$  — łącznik redukcyjny zbieżny,  $R_2$  — łącznik redukcyjny rozbieżny,  $K$  — kierownica strumienia.

Schematy prawidłowego wbudowania wodomierzy śrubowych

	<p><math>D_n = D_r</math></p>
	<p><math>D_n &lt; D_r</math></p>
	<p>ten układ stosować wyjątkowo!</p>
	<p>układ z prostką kompensacyjną</p>
	<p>wbudowanie na końcu rurociągu</p>
	<p>wbudowanie w przewód częściowo wypełniony wodą</p>

## 8. Wodomierze śrubowe stojakowe

*Wodomierze stojakowe* czyli *hydrantowe* służą do przeprowadzania dorywczych pomiarów wody, pobieranej z sieci wodociągowej przy napełnianiu wozów do polewania ulic, przy gaszeniu pożarów i t. p.

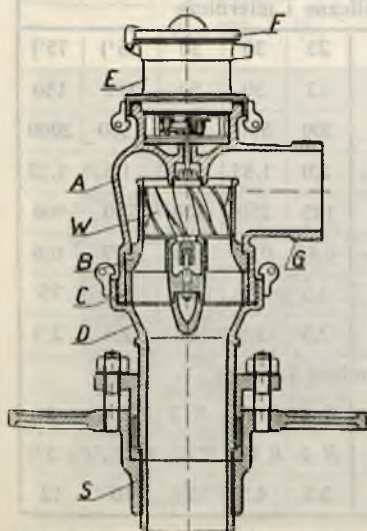
Wodomierze, używane do powyższych celów powinny powodować możliwie małe straty przy przepływie wody. Konstrukcja ich powinna wyróżniać się wytrzymałością, tak by przy niezbyt ostrym obciążeniu się wodomierze te nie ulegały uszkodzeniom. Obszar mierniczy wodomierzy stojakowych może być ciasny, ponieważ pracują one przeważnie przy natężeniach przepływu, zbliżonych do najwyższego dopuszczalnego obciążenia.

Z pośród wszystkich systemów *wodomierze śrubowe* najlepiej odpowiadają powyższym warunkom pracy.

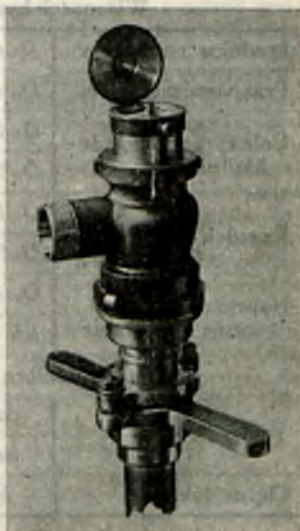
*Wodomierze śrubowe stojakowe* wyróżniają się następującymi odrębnymi cechami konstrukcyjnymi:

1. oś wirnika śrubowego jest pionowa, wskutek czego obroty wirnika przenoszą się na mechanizm liczydła za pomocą przekładni zębatej czołowej,

2. w obrębie wodomierza następuje zmiana kierunku przepływu o kąt prosty.



Rys. 13 a.



Rys. 13 b.

Wodomierz śrubowy stojakowy typu PWP.

Działanie wodomierza stojakowego śrubowego (rys. 13) jest następujące:

Woda z rury stojakowej *S* wpływa do wodomierza przez łącznik wlotowy *D*. Równomierne zasilanie wirnika *W*, zaopatrzonego w łopatki śrubowe, zapewniają żebra podstawy łożyskowej *C* i tulei *B* oraz wewnętrzna powierzchnia tulei *B*. Strugi wody po wywarciu naporu hydrodynamicznego na łopatki wirnika, wpływają do wnętrza osłony *A*, poczem uchodzą z wodomierza przez nagwintowany u wylotu króciec *G*. Ruch pionowego wirnika, osadzonego w łożyskach ebonitowych, przenosi się za pomocą przekładni zębatej czołowej na mechanizm liczydła z przeskakującymi cyframi, umieszczony w głowicy *E*. Tarcza liczbowa, umieszczona poziomo w głowicy wodomierza, zabezpieczona jest za pomocą pokrywy *F*.

Rys. 13 przedstawia wodomierz śrubowy stojakowy, wyrobu firmy „Polski Wodomierz”. Własności hydrauliczne i miernicze oraz zasadnicze wymiary i ciężar wodomierzy tego typu przedstawia tablica VIII.

Tablica VIII.

Wodomierze śrubowe stojakowe PWP							
Własności hydrauliczne i miernicze							
Średnica nominalna	$D_n$ mm	25	30	50	65 <sup>1)</sup>	75 <sup>1)</sup>	
Przepuszczaln. nom.	$Q_n$ s/h	15	30	50	100	150	
Dolna granica dokładności	$Q_a$ l/h	300	550	900	1500	2000	
	$Q_a$ % $Q_n$	2,0	1,83	1,8	1,5	1,33	
Rozruch	$Q_e$ l/h	125	250	400	700	900	
	$Q_e$ % $Q_n$	0,83	0,83	0,8	0,7	0,6	
Najwyższe dopuszczalne obciążenie	$Q_s$ s/h	7,5	15	25	50	75	
	$\Delta h$ m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Zasadnicze wymiary i ciężar							
Gwint	włot <sup>2)</sup>	cale	R 1	R 1 <sup>1/4</sup>	R 2	R 2 <sup>1/2</sup>	3
	wylot	cale	R 1	R 1 <sup>1/4</sup>	R 2 <sup>1/4</sup>	R 2 <sup>3/4</sup> <sup>3)</sup>	3 <sup>4)</sup>
Ciężar (około)		kg	3,5	4,5	7	10	12

<sup>1)</sup> do hydranta o średnicy 80 mm; również w wykonaniu z dwoma wylotami;

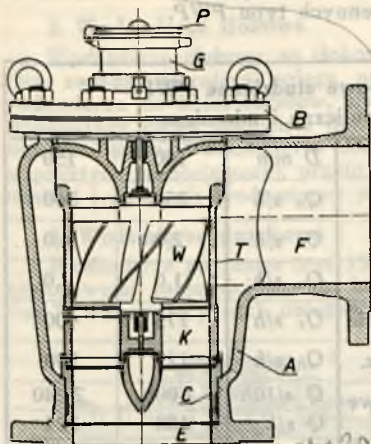
<sup>2)</sup> gwint wewnętrzny (do nakręcania) lub łącznik wlotowy dławicowy (rys. 13);

<sup>3)</sup> przy dwu wylotach R 2<sup>1/4</sup>;

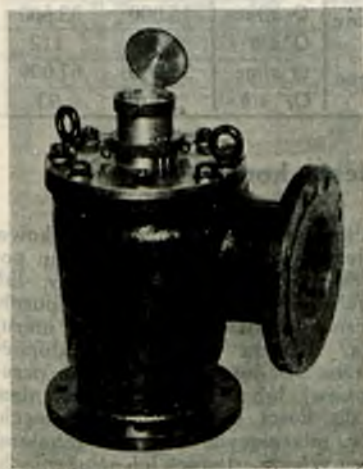
<sup>4)</sup> przy dwu wylotach R 2<sup>1/4</sup>.

## 9. Wodomierze śrubowe studzienne

Wodomierze śrubowe studzienne służą do pomiaru wody, zasysanej przez pompy, odśrodkowe ze studni rurowych, służących do ujęcia wody lub mających na celu określenie warstw wodonośnych i t. p.



Rys. 14a.



Rys. 14b.

Wodomierz śrubowy studzienny typu PWP.

Wodomierze śrubowe studzienne wyróżniają się odrębną konstrukcją, umożliwiającą umieszczanie ich na przejściu pionowego przewodu ssącego w przewód poziomy w rurowej studni ujmującej.

Konstrukcja i działanie wodomierza śrubowego studziennego (rys. 14) są następujące:

Wodomierz studzienny składa się z żeliwnej osłony A, zaopatrzonej w dwa kanały E i F o osiach prostopadłych do siebie oraz z pokrywy B, tworzącej jedną całość z tuleją T, okalającą wirnik W. Woda wpływa do wodomierza u dołu przez kanał wlotowy E, tuleję C, na której wspiera się kierownica strumienia K, zasila łopatkę wirnika W, poczem wpływa do wnętrza osłony A i uchodzi z wodomierza przez kanał odpływowy F. Ruch pionowego wirnika, osadzonego w łożyskach ebonitowych, przenosi się zapomocą przekładni zębatej na mechanizm z przeskakującymi cyframi, umieszczony w głowicy wodomierza G. Tarcza liczbowa, umieszczona poziomo w głowicy, zabezpieczona jest zapomocą pokrywy P.



Rys. 14 przedstawia wodomierz śrubowy studzienny wyrobu firmy „Polski Wodomierz”.

Poniższa tablica określa własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy śrubowych studziennych typu PWP.

Tablica IX.

Wodomierze śrubowe studzienne PWP			
Własności hydrauliczne i miernicze			
Średnica nominalna	$D$ mm	100	150
Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	250	560
Dolna granica dokładności	$Q_a$ s/h	2,0	4,0
Rozruch	$Q_e$ s/h	1,0	2,0
Najwyż. dopuszczalne obciążenie	$Q_s$ s/h	175	400
Dopuszczalne obciążenie godz.	$Q_h$ s/h	125	280
Dopuszczalne obciążenie dobowe przy 10 godz. ruchu	$Q$ s/10h	1 000	2 240
	$Q$ s/h	100	224
Dopuszczalne obciążenie dobowe przy 24 godz. ruchu	$Q$ s/24h	1 500	3 360
	$Q_d$ s/h	62,5	140
Dopuszcz. obciążenie miesięczne przy 10 godz. ruchu	$Q$ s/mc	15 000	33 600
	$Q$ s/h	50	112
Dopuszcz. obciążenie miesięczne przy 24 godz. ruchu	$Q$ s/mc	30 000	67 000
	$Q_t$ s/h	41,6	93

### III. Wodomierze komorowe

#### 1. Wstęp

Wodomierzami komorowymi<sup>1)</sup> nazywamy wodomierze silnikowe, w których organem czynnym jest tłok (wzgl. tłoki) o ruchu posuwisto-zwrotnym, lub tłok, wykonywujący ruch obiegowy, lub też tarcza, zataczająca się ruchem precesyjnym w taki sposób, iż stale styka się jednym z promieni swojej podstawy z nieruchomą powierzchnią stożkową. Zasada miernicza wodomierzy komorowych polega na tym, iż ilość obrotów osi, przenoszącej ruch tłoka (wzgl. tłoków) lub tarczy na mechanizm liczydła, jest proporcjonalna do ilości dawek objętościowych, ograniczonych ścianami komór mierniczych i powierzchniami roboczymi tłoka lub tarczy, w pewnych określonych ich położeniach.

<sup>1)</sup> Szczegółowy opis działania wodomierzy komorowych znajduje się w Wyjaśnieniach do przepisów o warunkach legalizowania przepływomierzy wodociągowych (POM, poz. 2,744).

*Wodomierze silnikowe komorowe* dzielą się na trzy zasadnicze grupy: 1. wodomierze tłokowe, 2. wodomierze puszkowe i 3. wodomierze tarczowe.

## 2. Wodomierze tłokowe

*Wodomierze tłokowe* są tłokowcami silnikami wodnemi, których zasada miernicza polega na proporcjonalności wskazań wodomierza do ilości obrotów, wykonanych przez wał korbowy, przenoszący ruchy posuwiste tłoka lub tłoków na liczydło wodomierza. Ponieważ wodomierze tłokowe nie są obecnie stosowane w praktyce wodociągowej, przeto ograniczymy się do opisu konstrukcji i działania wodomierzy puszkowych i tarczowych.

## 3. Wodomierze puszkowe

*Wodomierze puszkowe* (rys. 15) są silnikowcami wodomierzami komorowcami (objętościowcami), których organem czynnym jest tłok *T*, wykonujący ruch obiegowy wewnątrz puszk (*P<sub>1</sub>*, *P<sub>2</sub>*, *P<sub>3</sub>*).

Zasada miernicza wodomierzy tego systemu polega na proporcjonalności objętości wody, jaka w pewnym czasie przez wodomierz przepłynęła, do ilości obrotów, wykonanych w tym samym czasie przez tłok mierniczny.

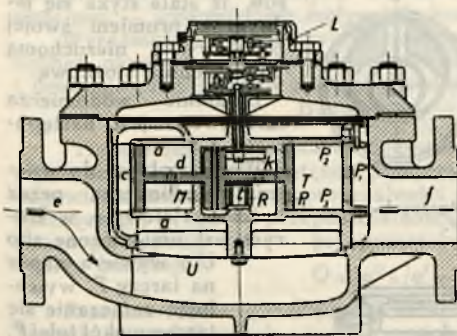
Działanie wodomierza puszkowego jest następujące:

Woda wpływa do wodomierza przez kanał wlotowy *e*, przechodzi przez

sito *U* i wpływa do komory mierniczej przez otwórki *a*, wywierając na tłok mierniczny napór hydrodynamiczny. Moment naporu hydrodynamicznego powoduje ruch obiegowy tłoka *T*, który za pomocą występu *k* przenosi się na liczydło *L*.

Rys. 16 przedstawia schematy czterech charakterystycznych położenia tłoka miernicznego<sup>1)</sup>.

*Wodomierze puszkowe* należą do najbardziej dokładnych i niezawodnych w działaniu wodomierzy komorowych, dlatego też wypierają one coraz bardziej wodomierze tarczowe o kulistych komorach miernicznych.



Rys. 15.  
Wodomierz puszkowy.

<sup>1)</sup> Przestrzenie wypełnione wodą oznaczono przez wykropkowanie.

Wodomierze puszkowe są używane jako wodomierze kontrolne do sprawdzania wodomierzy użytkowych w miejscu wbudowania oraz jako wodomierze użytkowe do pomiaru wody gorącej.

#### 4. Wodomierze tarczowe

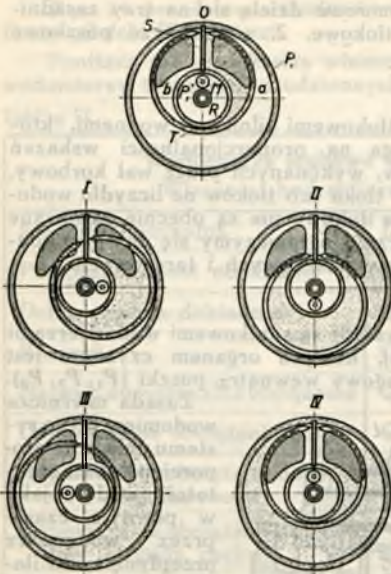
Wodomierzami tarczowymi (rys. 17) nazywamy wodomierze silnikowe komorowe, w których organem czynnym jest tarcza, zataczająca się ruchem precesyjnym w taki sposób, iż stale styka się jednym z promieni swojej podstawy z nieruchomą powierzchnią stożkową.

Działanie wodomierza tarczowego jest następujące:

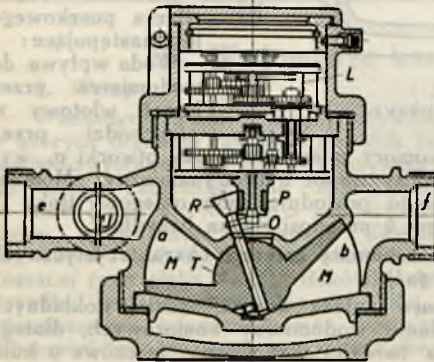
Woda wpływa do wnętrza wodomierza przez króciec wlotowy  $e$ , w którym jest umieszczone sito

$U$  i wywiera napór na tarczę  $T$ , wywołując zataczanie się tarczy wokół tulei  $P$ . W czasie obrotu tarczy oś  $O$  wywiera nacisk na trzpień zabierający osi głównej mechanizmu, wskutek czego obroty tarczy przenoszą się na mechanizm liczydła  $L$ .

Kuliste ukształtowanie wnętrza komory mierniczej  $M$  i kształt tarczy  $T$  podwyższa koszty wykonania i naprawy wodomierza, a po-



Rys. 16.  
Schematy charakterystycznych  
położenia puszek.



Rys. 17.  
Wodomierz tarczowy.

nadto zmniejsza niezawodność działania. Dlatego też wodomierze tarczowe są wypierane przez wodomierze puszkowe.

Przepuszczalności i dopuszczalne obciążenia wodomierzy komorowych są te same, co wodomierzy skrzydełkowych o tych samych średnicach nominalnych.

## IV. Wodomierze silnikowe sprzężone<sup>1)</sup>

### 1. Określenia podstawowe

Wodomierzem sprzężonym nazywamy przyrząd mierniczy, składający się z dwu wodomierzy o różnych przepuszczalnościach i przenikających się wzajemnie obszarach mierniczych, połączonych z sobą równoległe lub szeregowo, oraz z zaworu zmiennego obciążenia, regulującego samoczynnie natężenia przepływu w obu wodomierzach.

Wodomierz o przepuszczalności większej nazywamy *wodomierzem dużym* lub *głównym*, wodomierz o przepuszczalności mniejszej — *wodomierzem małym* lub *bocznym*.

Wyróżnikiem konstrukcyjnym wodomierza sprzężonego jest *kaliber*, określony *średnicami nominalnymi* wodomierza głównego i bocznego oraz średnicą zaworu zmiennego obciążenia:

$$D_n / d_n / D_z.$$

*Przepuszczalność nominalną* wodomierza sprzężonego określa się trzema wartościami natężeń przepływu, z których pierwsza odpowiada całkowitej przepuszczalności nominalnej wodomierza sprzężonego, druga — przepuszczalności nominalnej wodomierza głównego, trzecia zaś — przepuszczalności nominalnej wodomierza bocznego:

$$Q_n / q''_n / q'_n.$$

*Przepuszczalnością rzeczywistą* (całkowitą) wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych, zaopatrzonych w zawory zmiennego obciążenia dowolnej konstrukcji oraz wodomierzy sprzężonych śrubowych, zaopatrzonych w zawory ciężarowe, nazywamy natężenie przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody w obrębie wodomierza.

*Przepuszczalnością teoretyczną* wodomierzy sprzężonych śrubowych, zaopatrzonych w odciążone zawory klapowe, nazywamy natężenie przepływu, jakie mogłoby zaistnieć przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody w obrębie wodomierza, gdyby osiągnięcie tego spadku było możliwe bez szkody dla jego własności mechanicznych i mierniczych. Przepuszczalność tę wyznacza się sposobem pośrednim przez ekstrapolację charakterystyki przepływu, wyznaczonej doświadczalnie w obszarze, ograniczonym u góry najwyższym dopuszczalnym obciążeniem.

<sup>1)</sup> Opracowano na podstawie książki „Podręcznik dla sprawdzających wodomierze”. Tom II, część 2.: Wodomierze sprzężone. 59, str. XII+358 Warszawa 1936.

## 2. Klasyfikacja wodomierzy sprzężonych

W zależności od systemu wodomierza głównego, wodomierze sprzężone dzielimy na wodomierze sprzężone skrzydełkowe, śrubowe (młynkowe), i t. p.

Wodomierze sprzężone dzielimy na wodomierze o ciągłym i nieciągłym obszarze mierniczym, zależnie od tego, czy krzywa błędów przy wszystkich natężeniach przepływu, zawartych pomiędzy dolną granicą obszaru mierniczego, a obciążeniem szczytowem przebiega w polu dokładności, czy też wychodzi poza granice dopuszczalnych błędów.

Podstawą klasyfikacji wodomierzy sprzężonych są również następujące cechy:

- a) sposób połączenia,
- b) konstrukcja zaworu zmiennego obciążenia.

W zależności od sposobu połączenia wodomierza dużego z małym rozróżniamy wodomierze sprzężone o połączeniu równoległym lub szeregowym.

W nowoczesnych wodomierzach sprzężonych stosuje się trzy typy zaworów zmiennego obciążenia:

1. zawory ciężarowe pojedyncze,
2. zawory ciężarowe podwójne hydraulicznie odciążone,
3. zawory kłapowe odciążone.

Tablica X.

Klasyfikacja wodomierzy sprzężonych			
Połączenie	Wodomierz główny		Zawór zmiennego obciążenia
	skrzydełkowy	młynkowy	
równoległe	WS-R-ZC	WM-R-ZC	ciężarowy pojedynczy
	WS-R-ZH	WM-R-ZH	ciężarowy podwójny
	WS-R-ZK	WM-R-ZK	kłapowy odciążony
szeregowe	WS-S-ZC	WM-S-ZC	ciężarowy pojedynczy
	WS-S-ZK	WM-S-ZK	kłapowy odciążony

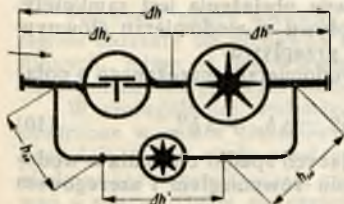
Powyższa tablica przedstawia schemat klasyfikacji wodomierzy sprzężonych. System wodomierza i zaworu zmiennego obciążenia oraz rodzaj połączenia oznaczono następującymi symbolami:

- WS — wodomierz skrzydełkowy
- WM — wodomierz n lnykowy (śrubowy)
- ZC — zawór ciężarowy pojedynczy (nieodciążony)
- ZH — zawór ciężarowy podwójny hydraulicznie odciążony
- ZK — zawór kłapowy mechanicznie odciążony
- R — połączenie równoległe
- S — połączenie szeregowe

### 3. Rodzaje połączeń

Rozróżniamy dwa rodzaje połączeń: równoległe i szeregowe.

Przy połączeniu równoległym (rys. 18) wodomierz mały jest umieszczony w przewodzie upustowym, którego wlot znajduje się przed zaworem zmiennego obciążenia, a wylot poza wodomierzem dużym. Przy małych natężeniach przepływu woda przepływa tylko przez wodomierz mały, przy większych natężeniach i przy otwartym zaworze zmiennego obciążenia przez oba wodomierze równocześnie. Wodomierz duży zaczyna działać po otwarciu się zaworu zmiennego obciążenia i to dopiero wówczas, gdy natężenie przepływu w wodomierzu głównym przekroczy wartość, odpowiadającą ruchowi wodomierza głównego.



Rys. 18.

Schemat połączenia równoległego.

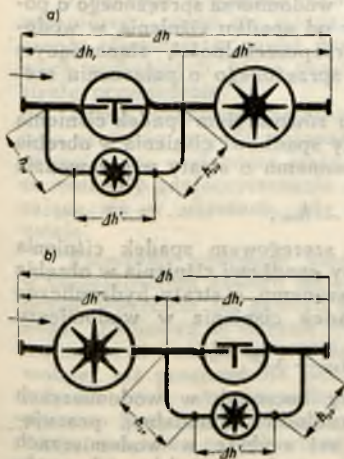
Spadek ciśnienia w obrębie wodomierza sprzężonego:

$$\Delta h = \Delta h' + h_{su} = \Delta h_z + \Delta h'', \quad [8]$$

przyczem:

$$h_{su} = h_{se} + h_{sa}. \quad [9]$$

Przy połączeniu szeregowym (rys. 19 a i b) bez względu na to, czy zawór zmiennego obciążenia jest otwarty, czy też zamknięty, woda przepływa zarówno przez wodomierz duży, jak i przez wodomierz mały. Wodomierz mały może się znajdować przed lub poza wodomierzem dużym, jak to wskazuje rys. 19. Zawór zmiennego obciążenia może znajdować się przed lub poza wodomierzem głównym zależnie od systemu wodomierza głównego i systemu zaworu. Zawory



Rys. 19.

Schemat połączeń szeregowych.

ciężarowe umieszczamy zazwyczaj przed wodomierzem głównym, zawory kłapowe poza wodomierzem. W wodomierzach sprzężonych śrubowych zawór umieszczamy zwykle poza wodomierzem; wodomierze śrubowe są bowiem bardziej wrażliwe na odchylenia strug, spowodowane przez zawór, niż wodomierze skrzydełkowe.

Przy połączeniu, wskazanem na rys. 19 *a* strumień wody rozdziela się na dwie części, z których jedna przepływa przez zawór zmiennego obciążenia, druga zaś przez wodomierz boczny, poczem obie strugi łączą się przed wodomierzem głównym. W układzie, przedstawionym na rys. 19 *b*, całkowity strumień wody zasila w pierw wodomierz główny, poczem rozdziela się na dwa strumienie, z których jeden przepływa przez zawór zmiennego obciążenia, drugi przez wodomierz boczny.

W wodomierzach sprzężonych o połączeniu szeregowem bez względu na to, czy zawór zmiennego obciążenia jest zamknięty, czy też otwarty, natężenie przepływu w wodomierzu głównym jest równe całkowitemu natężeniu przepływu.

Spadek ciśnienia w obrębie wodomierza sprzężonego o połączeniu szeregowem:

$$\Delta h = \Delta h' + h_{su} + \Delta h'' = \Delta h_z + \Delta h'' \quad [10]$$

Z porównania wzorów, określających spadki ciśnienia w wodomierzach bocznych przy połączeniu równoległym i szeregowem wypływają następujące wnioski:

W dwu wodomierzach sprzężonych, różniących się jedynie rodzajem połączenia, spadek ciśnienia w wodomierzu bocznym, stanowiącym wodomierz składowy wodomierza sprzężonego o połączeniu równoległym jest większy od spadku ciśnienia w wodomierzu bocznym, o tej samej przepuszczalności, stanowiącym wodomierz składowy wodomierza sprzężonego o połączeniu szeregowem.

W wodomierzach o połączeniu równoległym spadek ciśnienia w wodomierzu bocznym jest równy spadkowi ciśnienia w obrębie wodomierza sprzężonego, pomniejszonemu o straty w przewodzie upustowym:

$$\Delta h' = \Delta h - h_{su},$$

a w wodomierzach o połączeniu szeregowem spadek ciśnienia w wodomierzu bocznym jest równy spadkowi ciśnienia w obrębie wodomierza sprzężonego, pomniejszonemu o straty hydrauliczne w przewodzie upustowym i o spadek ciśnienia w wodomierzu głównym:

$$\Delta h' = \Delta h - h_{su} - \Delta h'',$$

wskutek tego zużycie wodomierzy bocznych w wodomierzach sprzężonych o tej samej przepuszczalności nominalnej, pracujących w identycznych warunkach jest szybsze w wodomierzach o połączeniu równoległym, niż w wodomierzach o połączeniu szeregowem.

Zaletą połączenia równoległego jest jego prostota; wodomierz o połączeniu równoległym składa się bowiem z dwu wodomierzy, których konstrukcja niczem nie różni się od konstrukcji wodomierzy pojedynczych oraz z zaworu zmiennego obciążenia, przy czym te trzy części składowe są z sobą połączone w sposób, umożliwiający łatwy montaż i demontaż wodomierza. W razie zepsucia się jednego z wodomierzy, tworzących wodomierz sprzężony, można zastąpić wodomierz niezdatny do użytku wodomierzem pojedynczym nowym, zachowując niemal bez zmiany własności całego zespołu mierniczego. Również w razie zniszczenia lub zużycia się do stanu, powodującego nadmierne koszty naprawy, zaworu zmiennego obciążenia można obadwa wodomierze wbudować do sieci, jako wodomierze pojedyncze. Transport wodomierza sprzężonego o połączeniu równoległym jest dogodny.

Powyższe zalety sprawiły, iż wodomierze o połączeniu równoległym należały do niedawna do typów najbardziej rozpowszechnionych, mimo iż ich własności miernicze nie zawsze odpowiadały potrzebom praktyki wodociągowej.

W szczególności wodomierze o połączeniu równoległym, zaopatrzone w zawór ciężarowy pojedynczy lub w zawór klapowy, posiadają t. zw. *strefę przełączenia* (ob. rys. 23), w obrębie której błędy wskazań przekraczają znacznie granice dopuszczalne. Ponieważ w miarę zużycia się części czynnych zaworu strefa przełączenia powiększa się, straty zakładu wodociągowego wzrastają tak znacznie, iż instalowanie wodomierzy sprzężonych mija się z celem.

*Połączenie szeregowe* umożliwia osiągnięcie ciągłości obszaru mierniczego, czego nie można uzyskać w wodomierzach o połączeniu równoległym nawet przy zastosowaniu zaworów ciężarowych podwójnych, które powodują pewną nieznaczną wprawdzie strefę przełączenia.

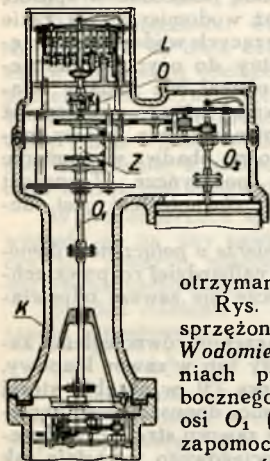
Zaletą połączenia szeregowego jest to, iż zarówno przed, jak i po otwarciu zaworu zmiennego obciążenia woda przepływa zarówno przez wodomierz mały, jak i przez wodomierz duży, przez co unikamy zanieczyszczenia się wodomierzy przez osady, zbierające się w okresach, gdy przepływ w jednym z wodomierzy ustaje.

*Połączenie szeregowe* umożliwia pozatem większą swobodę w projektowaniu zaworu zmiennego obciążenia, albowiem jeszcze przed otwarciem się zaworu następuje rozruch wodomierza głównego. Ponieważ w okresie tym przenoszenie obrotów wirnika wodomierza dużego na wspólny mechanizm liczydła odbywa się wolniej, niż przenoszenie obrotów wirnika wodomierza małego, jedynie obroty wirnika małego są przenoszone na wspólny mechanizm liczydła. Przed otwarciem się zaworu zmiennego obciążenia, natężenie przepływu w wodomierzu głównym jest już tak duże, iż wodomierz sprzężony mierzy przepływającą wodę z dostateczną dokładnością.



#### 4. Mechanizmy wodomierzy sprzężonych

Mechanizmy w wodomierzach sprzężonych o połączeniu równoległym niczem nie różnią się od mechanizmów wodomierzy pojedynczych. Natomiast wodomierze sprzężone o połączeniu szeregowym są zaopatrywane we *wspólny mechanizm liczydła*, który przy mniejszych natężeniach przepływu mierzy objętości wody, przepływającej przez wodomierz mały, przy większych zaś — objętości, przepływające przez wodomierz duży.



Wodomierze sprzężone, zaopatrzone we *wspólny mechanizm liczydła*, są dogodniejsze w użyciu; nie wymagają odczytywania stanów wody na dwu tarczach liczbowych i sumowania otrzymanych wyników.

Rys. 20 przedstawia kolumnę K wodomierza sprzężonego typu WM-S-ZK, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“ w Poznaniu. Przy małych natężeniach przepływu obroty osi  $O_2$  (wodomierza bocznego), a przy dużych natężeniach obroty osi  $O_1$  (wodomierza głównego) są przenoszone zapomocą mechanizmu zapadkowego Z i osi  $O_1$  na wspólne liczydło L. Tarcza boczna służy do wykazania rozruchu wodomierza bocznego.

Rys. 20.  
Kolumna wodomierza sprzężonego typu WM-S-ZK, wyrobu firmy Polski Wodomierz.

#### 5. Zawory zmiennego obciążenia

Zawory zmiennego obciążenia są organami regulującymi samoczynnie natężenia przepływu w wodomierzach dużym i małym, będących wodomierzami składowymi wodomierza sprzężonego.

Zawór zmiennego obciążenia stanowi istotną część składową wodomierza sprzężonego; konstrukcja jego wywiera duży wpływ na wielkość strat hydraulicznych w wodomierzu, a zatem na jego przepuszczalność.

Prawidłowo ukształtowane zawory zmiennego obciążenia powinny odznaczać się:

1. niezawodnością działania, uzyskaną przez prostotę konstrukcji, racjonalne rozmieszczenie mas będących w ruchu i staranność obróbki części czynnych,

2. możliwie małymi stratami hydraulicznymi przy zupełnym i częściowym otwarciu, co można osiągnąć przez takie ukształtowanie zaworu, by przepływ wody odbywał się bez wirów i zaburzeń,

3. szczelnością w położeniu zamkniętym zaworu.

Zarówno otwarcie, jak i zamknięcie zaworu zmiennego obciążenia powinno następować przy natężeniu przepływu  $Q_{k1}$ , określonym nierównościami:

$$q''_a \leq Q_{k1} \leq q'_h$$

( $q''_a$  — granica dokładności wodomierza głównego,  $q'_h$  — dopuszczalne obciążenie godzinne wodomierza bocznego).

W nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych stosuje się następujące systemy zaworów zmiennego obciążenia:

1. zawory ciężarowe pojedyncze,
2. zawory ciężarowe podwójne hydraulicznie odciążone,
3. zawory klapowe z odciążeniem kulowym lub odciążeniem przegubowo-dzwigniowem.

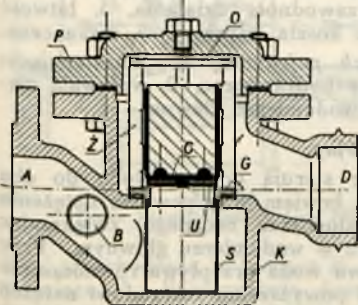
### A. Zawór ciężarowy pojedynczy.

Zawór ciężarowy pojedynczy (rys. 21) stanowi samoczynny zawór wniosowy ciężarowy, którego organ ruchomy (zamykający) jest ukształtowany w postaci cylindrycznej niecki, o odpowiednim ciężarze.

Działanie zaworu ciężarowego pojedynczego jest następujące:

Woda, wpływająca przez kanał dopływowy A, uchodzi przy małych natężeniach przepływu przez otwór B do przewodu bocznego, w którym umieszczony jest wodomierz mały.

W miarę zwiększenia się natężenia przepływu, opory w przewodzie bocznym i wodomierzu małym rosną, wskutek tego różnica ciśnień po obu stronach grzybka C wzrasta i powoduje jego podniesienie się. Po otwarciu się zaworu strumień wody dopływającej rozdziela się na dwa strumienie, z których jeden przepływa przez sito S, przez cylindryczną szczelinę pomiędzy grzybkiem C i gniazdem G zaworu, przez duże prostokątne otwory



Rys. 21

Zawór ciężarowy pojedynczy.

prowadzącymi Z i uchodzi przez kanał odpływowy D do wodomierza dużego; drugi strumień wpływa przez otwór B do przewodu bocznego i uruchamia wodomierz mały.

Osłona zaworu składa się z żeliwnego korpusu K i żeliwnej pokrywy P, zaopatrzonej w najwyższym punkcie w nagwintowany otwór, zamknięty korkiem i umożliwiający odpowietrzenie zaworu. Korpus K zaworu po stronie wlotowej jest zaopatrzony w kołnierz po stronie odpływowej w kołnierz lub obrzeże, umożliwiające założenie łącznika łukowego.

Organem ruchomym zaworu jest *grzybek*, posiadający kształt cylindrycznej niecki *C*, wykonanej najczęściej z brązu lub też z innego metalu nierdzewiejącego o podobnych własnościach, co brąz. Niecka jest wypełniona ołowiem w takiej ilości, by otwarcie zaworu następowało przy odpowiednim dla danego wodomierza natężeniu przepływu, a zarazem, przy pewnym z góry założonym spadku ciśnienia. Do dolnej powierzchni grzybka *C* przytwierdzona jest uszczelka skórzana *U*, zapewniająca szczelność zaworu przy natężeniach przepływu, mniejszych od natężenia krytycznego.

*Gniazdo G* zaworu składa się ze starannie obrobionego pierścienia dolnego, stanowiącego właściwe siedzenie, żeberk prowadzących *Z* i pierścienia górnego, dociskanego przez pierścień w pokrywie *P*.

Do gniazda *G* przytwierdzone jest sito ochronne *S* w ten sposób skonstruowane, by zawiesiny i cząstki stałe, unoszone przez wodę i strącane przy przepływie przez otworki sita, osiadały na dnie osłony zaworu, nie tamując przepływu.

Demontaż zaworu jest bardzo prosty; po zdjęciu żeliwnej pokrywy *P* wyciągamy gniazdo *G* łącznie z grzybkiem *C* i sitem *S*.

*Zawory ciężarowe pojedyncze* posiadają następujące zalety; 1. prostota konstrukcji, 2. niezawodność działania, 3. łatwość montażu i demontażu, 4. niskie koszty naprawy, 5. niska cena.

*Wady zaworów ciężarowych pojedynczych* są następujące: 1. powodują one wysokie straty hydrauliczne, 2. wpływają mącać na przepływ wody przez wodomierze główne.

## **B. Zawór ciężarowy podwójny.**

*Zawory ciężarowe podwójne* sterują dopływ wody do obu wodomierzy. Zawór ten odcina bowiem przy pewnym natężeniu przepływu dopływ wody do wodomierza bocznego, zwiększając tem samym natężenie przepływu w wodomierzu głównym. Przy większych natężeniach przepływu woda przepływa równocześnie przez oba wodomierze. Dzięki powyższemu rozrządowi natężeń przepływu osiągnięcie niemal że ciągłego obszaru mierniczego jest możliwe.

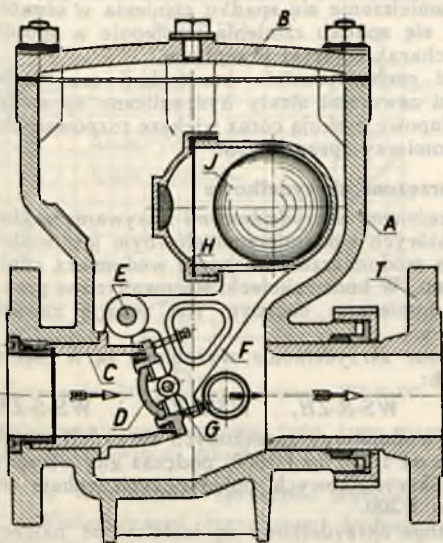
W porównaniu z zaworami ciężarowymi pojedynczymi, konstrukcja *zaworów ciężarowych podwójnych* jest zawiła, co powoduje zmniejszenie niezawodności działania i podwyższa cenę zaworu. Naprawa zaworu jest trudna i kosztowna. Dlatego też zawory tego typu nie zyskały większego rozpowszechnienia.

## **C. Zawór odciążony kulowo-klapowy.**

*Zawory klapowe*, stosowane w wodomierzach sprężonych jako zawory zmiennego obciążenia, są samoczynnymi zaworami klapowymi o pionowym lub pochyłym gnieździe, zaopatrzonymi w mechaniczne urządzenia odciążające.

Rys. 22 przedstawia zawór kulowo-klapowy w wykonaniu firmy „Polski Wodomierz”.

Żeliwna osłona zaworu składa się z dwu części: korpusu A i z pokrywy B. Korpus A jest zaopatrzony w króciec wlotowy ze stałym kołnierzem oraz w króciec odpływowy z ruchomą tuleją dławnicową T, umożliwiającą zmianę długości wbudowania zaworu. W kanale dopływowym jest osadzone gniazdo C o przekroju kołowym. Przekrój wlotowy gniazda jest kołowy, nawet w zaworach klapowych o pochyłej płaszczyźnie doszczelniającej gniazda. Płaszczyzna, przechodząca przez krawędź doszczelniającą gniazda, jest nachylona względem pionu pod kątem  $20^{\circ}$ . Gniazdo zaworu posiada dwa obrobione nadlewy z otworami, w których jest osadzona oś E. Dokoła osi E obraca się dźwignia F, połączona u dołu z klapą D za pomocą łożyska cylindrycznego G, a u



Rys. 22.  
Zawór kulowo-klapowy typu PWP.

góry przechodząca w komorę H, w której znajduje się kula odciążająca J. Powierzchnia doszczelniająca kłapy jest zaopatrzona w wymienną pierścieniową uszczelkę skórzaną, przytwierdzoną do kłapy za pomocą pierścienia metalowego, nakręcanego na występ kłapy lub przykręcanego do niej przy pomocy śrubek. Kąt nachylenia toru, po którym przetacza się kula odciążająca, jest tak dobrany, by przetoczenie się kuli w skrajne położenie, bliższe osi obrotu kłapy następowało przy kącie otwarcia, wynoszącym około  $2^{\circ}$ .

Działanie odciążonego zaworu kulowo-klapowego jest następujące:

Przy natężeniach przepływu, mniejszych od natężenia krytycznego, woda wpływa do przewodu upustowego, którego wlot znajduje się przed zaworem, a wyłot w dowolnym miejscu osłony poza klapą. Gdy natężenie przepływu osiągnie wartość równą

natężeniu krytycznemu  $Q_{k1}$ , zawór otwiera się. Gdy natężenie przepływu nieznacznie przekroczy  $Q_{k1}$ , wówczas kula, znajdująca się w komorze, przetacza się ze skrajnego położenia zewnętrznego, w skrajne położenie przeciwległe, bliższe osi obrotu kłapy. Zmniejszenie momentu, wywieranego przez kulę odciążającą na klapę, powoduje zmniejszenie się momentu naporu hydrodynamicznego, a zatem i zmniejszenie się spadku ciśnienia w obrębie zaworu. Zmniejszenie się spadku ciśnienia występuje w sposób wyraźny w przebiegu charakterystyki przepływu.

Duża niezawodność ruchu, prostota konstrukcji oraz małe w porównaniu z innymi zaworami straty hydrauliczne sprawiły, iż odciążone zawory klapowe zyskują coraz większe rozpowszechnienie w budowie wodomierzy sprzężonych.

## 6. Wodomierze sprzężone skrzydełkowe

*Wodomierzami sprzężonymi skrzydełkowymi* nazywamy wodomierze sprzężone, w których wodomierzem głównym jest wodomierz skrzydełkowy, a wodomierzem bocznym wodomierz silnikowy dowolnego systemu. W konstrukcjach, stosowanych w praktyce wodociągowej, wodomierzem bocznym jest prawie zawsze wodomierz skrzydełkowy.

*Wodomierze sprzężone skrzydełkowe* wyrabiane są w pięciu zasadniczych odmianach:

WS-R-ZC, WS-S-ZC, WS-R-ZH, WS-R-ZK i WS-S-ZK

*Obszary miernicze* wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych są zawarte w granicach od 1/100 do 1/1000, podczas gdy obszary miernicze wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych wahają się w granicach od 1/45 do 1/200.

Wodomierze sprzężone skrzydełkowe są instalowane najczęściej w większych nieruchomościach (w szczególności w nieruchomościach, służących do pomieszczenia internatów, koszar i t. p.), w nieruchomościach, zaopatrzonych w hydranty pożarne o małej wydajności (np. w składach materiałów łatwopalnych), oraz w zakładach przemysłowych średniego typu.

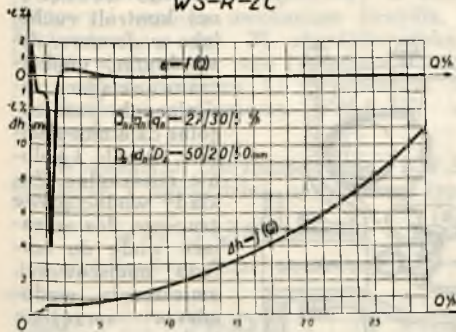
W instalowaniu wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych należy zachować dużą ostrożność. Decydującymi czynnikami, wpływającymi na obliczenie rentowności, jest cena wody oraz zmienność zapotrzebowania. Im niższa jest cena wody, tem dłużej amortyzuje się wodomierz sprzężony, który jest znacznie droższy od wodomierza pojedynczego o tej samej średnicy nominalnej. Ponadto gdy okresy, w których zapotrzebowanie wody odpowiada natężeniom przepływu mniejszym od dolnej granicy obszaru mierniczego wodomierza głównego, stanowią znikomą część doby, nie opłaca się zakładanie wodomierza sprzężonego.

Przy instalowaniu wodomierzy o kalibrze  $D_n < 50$  mm zalecałbym stosowanie wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych, a przy kalibrze  $D_n > 100$  mm — wodomierzy sprzężonych śrubowych.

Do najbardziej rozpowszechnionych typów z pośród wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych należą wodomierze skrzydełkowe o połączeniu równoległym, zaopatrzone w zawory ciężarowe pojedyncze.

Dla przykładu podajemy krzywe charakterystyczne wodomierza WS-R-ZC o średnicy nominalnej 50/20/50 mm. Charakterystyka przepływu

WS-R-ZC



Rys. 23.

Krzywe charakterystyczne wodomierza WS-R-ZC.

instalowanie wodomierzy tego typu przynosi zakładowi wodociągowemu więcej szkody, niż pożytku.

## 7. Wodomierze sprzężone śrubowe

Wodomierzami sprzężonymi śrubowymi (młynkowemi) nazywamy wodomierze sprzężone, w których wodomierzem głównym jest wodomierz śrubowy, a wodomierzem bocznym — wodomierz silnikowy dowolnego systemu. W wodomierzach sprzężonych śrubowych, wykonywanych przez przodujące wytwórnie wodomierzowe, wodomierzem bocznym jest wodomierz skrzydełkowy lub wodomierz śrubowy.

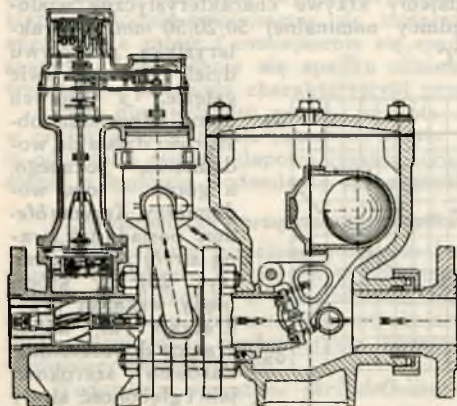
Wodomierze sprzężone śrubowe wykonywane są w następujących zasadniczych rozwiązaniach:

WM-R-ZC, WM-S-ZC, WM-R-ZH, WM-R-ZK i WM-S-ZK.

Obszary miernicze wodomierzy sprzężonych śrubowych są zawarte w granicach od 1/200 do 1/3000, podczas gdy obszary miernicze wodomierzy śrubowych pojedynczych wahają się w granicach od 1/25 do 1/100.

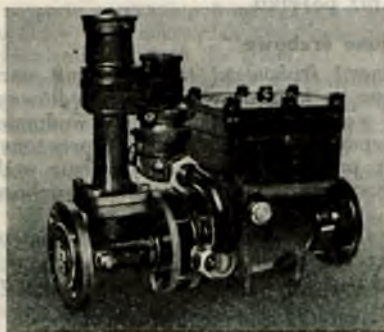
Wodomierze sprzężone śrubowe umieszcza się w tych wszystkich posesjach, w których zmienność zapotrzebowania jest znaczna, a najwyższe zapotrzebowanie przekracza dopuszczalne obciążenie szczytowe wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych wzgl. wodomierzy skrzydełkowych sprzężonych. A zatem wodomierze sprzężone śrubowe stosuje się jako wodomierze użytkowe w zakładach

przemysłowych, w dużych nieruchomościach, koszarach, internatach i t. p., oraz w tych posesjach, w których ze względu na obecność materiałów łatwopalnych znajdują się upusty hydrantowe. W miarę modernizacji metod gospodarki wodomierzowej,



Rys. 24 a.

wodomierze sprzężone śrubowe weszły do wewnętrznej kontroli ruchu, jako *wodomierze dystrykcyjne*, umieszczone na ciągach, zasilających poszczególne dzielnice miejskie, osiedla i kolonie mieszkalne. Zakłady wodociągowe grupowe, dostarczające wodę do szeregu miejscowości, umieszczają wodomierze sprzężone śrubowe w głównych przewodach, zasilających poszczególne gminy.



Rys. 24 b.  
Wodomierz sprzężony WM-S-ZK, wyrobu firmy Polski Wodomierz.

*Wodomierze sprzężone śrubowe* w porównaniu z *wodomierzami sprzężonymi skrzydełkowymi* posiadają następujące zalety:

1. większy obszar mierniczy w wodomierzach o tej samej średnicy nominalnej,

2. mniejsze straty hydrauliczne przy natężeniach przepływu, większych od natężenia krytycznego, przy którym następuje otwarcie zaworu zmiennego obciążenia,

3. mniejszą wrażliwość na zanieczyszczenia.

Ponieważ stosowanie wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych nie przedstawia dla gospodarki wodociągowej specjalnych

korzyści, polskie wytwórnie wodomierzowe ograniczyły swą produkcję do wodomierzy sprzężonych śrubowych.

Z spośród wszystkich typów wodomierzy sprzężonych śrubowych największe rozpowszechnienie zyskały wodomierze typu WM-S-ZK.

Rys. 24 przedstawia wodomierz sprzężony śrubowy o połączeniu szeregowym, zaopatrzony w odciążony zawór kulowokłapowy i wspólny mechanizm liczydła, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“, a rys. 25 charakterystykę przepływu i krzywą błędów wodomierza tego typu.

Tablica liczbowa XI przedstawia własności hydrauliczne i miernicze wodomierzy WM-S-ZK, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“.

Wodomierze sprzężone typu WM-S-ZK stanowią najdoskonalszy i najbardziej nowoczesny typ z spośród wszystkich

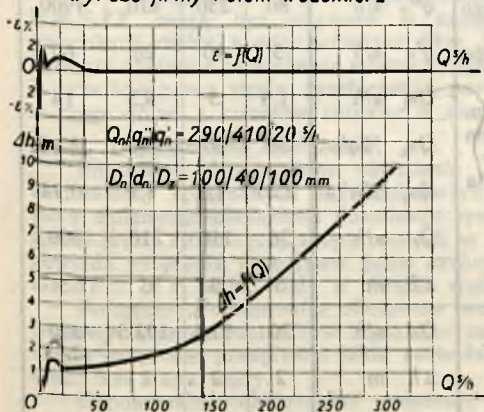
opisanych wyżej typów wodomierzy sprzężonych. Odznaczają się one następującymi zaletami:

1. małymi stratami hydraulicznymi, uzyskanymi dzięki stosowaniu wodomierza śrubowego, jako wodomierza głównego, oraz odciążonego zaworu kłapowego, jako zaworu zmiennego obciążenia,

2. dużą rozpiętością i ciągłością obszaru mierniczego, osiągniętą przez stosowanie wodomierzy składowych o dużych

## WM-S-ZK

wyrobu firmy Polski Wodomierz



Rys. 25.

Krzywe charakterystyczne wodomierza WM-S-ZK, wyrobu firmy Polski Wodomierz.

obszarach mierniczych oraz przez szeregowo połączenie wodomierzy składowych,

3. prawidłowym rozrządem natężeń przepływu, zapewniającym właściwe warunki pracy i równomierność zużycia obu wodomierzy,

4. łatwością regulacji, uzyskaną przez wyposażenie wodomierza głównego, a w niektórych typach i wodomierza bocznego w regulację zewnętrzną,



Tablica XI.

Wodomierze sprężone śrubowe PWP						
typu WM-S-ZK,						
zaopatrzone w odciążony zawór klapowy i wspólny mechanizm liczydła						
Średnica nominalna wodomierza	głównego	$D_n$ mm	50	80	100	200
	bocznego	$d_n$ mm	20	30	40	50
Średnica zaworu zmiennego obciążenia		$D_z$ mm	50	80	100	200
Przepuszczalność nominalna wodomierza	sprężonego	$Q_n$ s/h	50	150	290	1200
	głównego	$q''_n$ s/h	80	230	410	1900
	bocznego	$q'_n$ s/h	5	10	20	60
Natężenie przepływu, przy którym zaczyna otwierać się zawór zmiennego obciążenia		$Q_{k_1}$ s/h	1,8	3	4,5	14
		$Q_{k_2}$ % $q'_n$	36	30	22,5	23,4
		$Q_{k_2}$ % $q''_n$	2,25	1,3	1,1	0,74
Najwyższe dopuszczalne obciążenie		$Q_s$ s/h	36	110	210	800
		$\Delta h$ m	5	5	5	5
Dopuszczalne obciążenie godzinne		$Q_h$ s/h	20	57,5	102,5	340
		$\Delta h$ m	2	2	2	2
Dopuszczalne obciążenie dobowe		$Q_d$ s/24h	320	920	1640	5100
		$Q_d$ s/h	13,3	38,3	68,3	212,5
Dopuszczalne obciążenie miesięczne		$Q_t$ s/mc	6400	18400	32800	102000
		$Q_t$ s/h	8,9	25,6	45,5	142

Uwaga. Wodomierze boczne o średnicach 20, 30 i 40 mm są wodomierzami skrzydełkowymi; wodomierz o średnicy 50 mm — wodomierzem śrubowym o osi pionowej.

5. dogodnym odczytywaniem stanów wodomierza na wspólnej tarczy liczbowej, powodującym nie tylko oszczędność czasu, lecz zmniejszającym możliwość popełnienia błędu odczytu (zamiast dwu odczytów — jeden; odpada zatem możliwość popełnienia błędu przy sumowaniu odczytów, dokonanych na oddzielnych tarczach liczbowych),

6. łatwością wyznaczenia krzywych zużycia za pomocą mechanicznych przyrządów rejestrujących oraz dogodnością przenoszenia wskazań wodomierza na odległość,

7. niewrażliwością na zanieczyszczenia, uzyskaną dzięki stosowaniu wodomierza śrubowego, jako wodomierza głównego, wodomierzy wirnikowych, jako wodomierzy bocznych, oraz zaworu klapowego, jako zaworu zmiennego obciążenia,

8. zwartością konstrukcji i niewielkimi długościami wbudowania,

9. łatwością zabezpieczenia wodomierza za pomocą plomb wzgl. cech legalizacyjnych przed dostępem osób niepowołanych, 10. dogodnością wyjęcia i wstawienia wodomierza w sieć.

Ze względu na wyżej wymienione zalety wodomierze WM-S-ZK mogą być używane w najbardziej niekorzystnych warunkach ruchu, a więc wówczas gdy: 1. zmienność zapotrzebowania obejmuje cały obszar mierniczy wodomierza sprzężonego, 2. przejście przez strefę przełączenia następuje niejednokrotnie w ciągu doby, 3. ciśnienie robocze w sieci jest nieznaczne.

### 8. Dopuszczalne obciążenia

*Najwyższe dopuszczalne obciążenie (obciążenie szczytowe)* wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych, zaopatrzonych w zawory zmiennego obciążenia dowolnego systemu oraz wodomierzy sprzężonych śrubowych, zaopatrzonych w zawory ciężarowe, odpowiada natężeniu przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody w obrębie wodomierza.

*Najwyższe dopuszczalne obciążenie* wodomierzy sprzężonych śrubowych, zaopatrzonych w ociążone zawory klapowe, odpowiada natężeniu przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 5$  m słupa wody.

Dopuszczalne obciążenia: godzinne, dobowe i miesięczne wodomierzy sprzężonych wszystkich systemów, nie powinny przekraczać wartości, ustalonych dla wodomierzy głównych, traktowanych jako wodomierze pojedyncze.

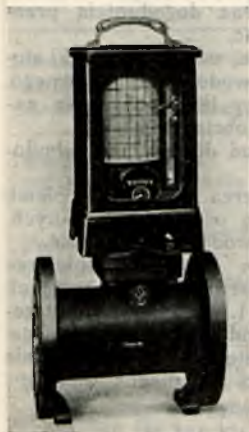
## V. Przyrządy do wykreślnej rejestracji wskazań wodomierzy silnikowych

### 1. Przyrządy mechaniczne

Zasada działania *mechanicznego przyrządu rejestrującego* jest następująca:

Obrót środkowej wskazówki wodomierza przenosi się na przyrząd rejestrujący (rys. 26) za pośrednictwem osi, zaopatrzo-

nej u dołu w odpowiedni wykrój, w który wchodzi środkowa wskazówka. Obroty osi przenoszą się bezpośrednio na liczydło, zaopatrzone w szereg krążków liczbowych oraz za pośrednictwem czołowej przekładni zębatej na wrzeciono, zaopatrzone w gwint prawo- i lewoskrętny. Przy obrocie wrzeciona, wywołanym ruchem środkowej wskazówki wodomierza, uchwyt, do którego



Rys. 26.  
Mechaniczny przyrząd rejestrujący.

przytwierdzone jest pióro, porusza się w górę lub w dół. Gdy pióro osiągnie jedno ze skrajnych położeń, wówczas uchwyt samoczynnie rozpoczyna ruch w kierunku przeciwnym z prędkością, zależną od szybkości kątovej obrotu wskazówki środkowej wodomierza, a zatem z prędkością proporcjonalną do natężenia przepływu. Pióro wywiera lekki nacisk na taśmę papierową, napiętą na pobocznicy bębna rejestrującego, napędzanego zapomocą mechanizmu zegarowego. Prędkość obwodowa bębna jest zależna od tego, jakiemu okresowi czasu ma odpowiadać jeden pełen obrót bębna. Zazwyczaj wykonywa się mechaniczne przyrządy rejestrujące dla następujących okresów pracy: dobowego, tygodniowego i miesięcznego. Poziome linie na taśmie papierowej odpowiadają okresom czasu, a pionowe objętościom.

Rysunek 26 przedstawia wodomierz śrubowy pojedynczy, zaopatrzony w mechaniczny przyrząd rejestrujący.

## 2. Przyrządy elektryczne

*Przyrządy elektryczne do przenoszenia wskazań wodomierzy silnikowych na odległość* umożliwiają bezpośrednio wyznaczanie krzywych zależności natężenia przepływu od czasu. Przyrządy te są zazwyczaj zaopatrywane w liczydła do sumowania objętości wody, jaka przepłynęła przez wodomierz.

*Elektryczne przyrządy rejestrujące* stosujemy wówczas, gdy dostęp do wodomierza jest trudny, oraz gdy zachodzi potrzeba ciągłej kontroli zmienności zapotrzebowania wody, j. np. w wodomierzach głównych i dystrykcyjnych, których wskazania są obserwowane w biurze kierownika ruchu celem nadzoru nad rozplywem wody w sieci wodociągowej.

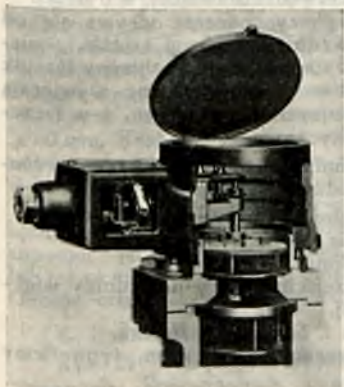
Przyrządy elektryczne do przenoszenia wskazań wodomierzy sprzężonych na odległość dzielimy na trzy zasadnicze grupy:

1. przyrządy wyznaczające krzywą konsumpcyjną i zaopatrzone w liczydło; konstrukcja tych przyrządów niewiele różni się od mechanicznych przyrządów rejestrujących;

2. przyrządy do wykreślnej rejestracji natężeń przepływu, zaopatrzone w liczydło sumujące objętości wody oraz

3. przyrządy sumujące, których konstrukcja jest taka sama, jak liczników energii elektrycznej.

Przeniesienie wskazań wodomierza na elektryczny przyrząd rejestrujący odbywa się przy pomocy *wahadłowego przełącznika rtęciowego* (rys. 27), sterowanego zapomocą krzywki, która otrzymuje napęd z mechanizmu wodomierza.



Rys. 27.  
Głowica wodomierza z przełącznikiem rtęciowym.

Przełącznik rtęciowy stanowi zamknięta rurka szklana, osadzona obrotowo w łożysku. W okolicy punktu obrotu są przylutowane do niej obok siebie dwa bieguny, połączone z przewodami, przenoszącymi prąd do odbiornika (przyrządu rejestrującego lub sumującego). Przy przechylaniu się przełącznika z jednego skrajnego położenia w drugie, rtęć znajdująca się w rurce, przepływa ponad biegunami. Wskutek tego przez krótki okres czasu powstaje prąd elektryczny w przewodzie, w obwód którego włączono elektromagnetyczny mechanizm zapadkowy.

Ilość wahań przełącznika, a zatem ilość impulsów, udzielanych elektromagnetycznemu mechanizmowi zapadkowemu jest proporcjonalna do natężenia przepływu. Przy każdym impulsie mechanizm zapadkowy powoduje obrót mechanizmu napędzającego przyrządu rejestrującego lub też przyrządu sumującego.

## VI. Wodomierze zwężkowe

### 1. Określenia podstawowe i klasyfikacja wodomierzy zwężkowych

Wodomierzami *zwężkowymi* (*dynamicznymi*) nazywamy wodomierze składające się ze *zwężki* (*organu dynamicznego*), wstawionej w przewod i powodującej spadek ciśnienia, oraz z *przyrządu rejestrującego*, umożliwiającego całkowanie wody, przepływającej przez zwężkę.

*Zasada miernicza* wodomierzy zwężkowych polega na proporcjonalności natężeń przepływu do pierwiastka kwadratowego ze spadku ciśnienia zachodzącego pomiędzy przekrojami mierzonymi zwężki, w których następuje odbiór ciśnienia.

Wodomierze zwężkowe dzielimy na trzy zasadnicze grupy:

1. kryzy miernicze ostrobrzeżne z przyrządami rejestrującymi,
2. dysze miernicze z przyrządami rejestrującymi, oraz
3. wodomierze Venturi'ego, składające się z rury Venturi'ego i przyrządu rejestrującego.

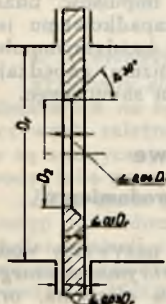
W kryzach mierniczych przepływająca woda styka się z organem deprymogenicznym wzdłuż krawędzi dławiącej, w dyszach — wzdłuż powierzchni wewnętrznej dyszy, poczem odrywa się od niej, a w rurach Venturi'ego — wzdłuż właściwej zwężki, posiadającej kształt dyszy i dyfuzora, stanowiącego rozbieżny łącznik rurowy. Te zasadnicze różnice w przebiegu strug wywierają decydujący wpływ na charakter zjawiska przepływu, a w szczególności na wielkość strat energetycznych.

Poza powyższymi zasadniczymi typami wodomierzy zwężkowych istnieje szereg typów pośrednich, jak np.:

1. kryza o łagodnie zaokrąglonych krawędziach,
2. dysza znormalizowana bez części cylindrycznej,
3. dysza podwójnie zaokrąglona,
4. dysza, stosowana przy przejściu z rury o średnicy większej do rury o średnicy mniejszej,
5. wstawka Venturi'ego typu f. Siemens & Halske,
6. rura Venturi'ego z dyfuzorem uskokowym, typu firmy Bopp & Reuther.

## 2. Zakres stosowalności poszczególnych typów wodomierzy zwężkowych

Wodomierze zwężkowe stosuje się w gospodarce wodociągowej do pomiaru wody w głównych przewodach zasilających oraz w przewodach tłocznych celem ustalenia wydajności pomp; jako wodomierzy dystrykcyjnych używa się wodomierzy zwężkowych tylko wówczas, gdy wahania natężeń przepływu są nieznaczne.



Rys. 28.  
Kryza ostrobrzeżna.

Poza wodomierzami Venturi'ego największe rozpowszechnienie w praktyce wodociągowej znalazły kryzy i dysze znormalizowane, których kształty geometryczne zostały ustalone na podstawie licznych badań doświadczalnych, przeprowadzonych przez Związek Niemieckich Inżynierów (V D. I.). Wyniki tych doświadczeń oraz przepisy, którym powinny odpowiadać dysze i kryzy znormalizowane, zostały podane w wydawnictwie: „Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden“. III. Auflage. VDI-Verlag 1935.

Natomiast własności hydrauliczne i miernicze typów pośrednich są mniej znane.

Do pomiarów trwałych stosuje się w gospodarce wodociągowej niemal wyłącznie wodomierze Venturi'ego z dyfuzorem normalnym a rzadziej z dyfuzorem uskokowym. Natomiast dysze i kryzy miernicze są zasadniczo używane tylko do pomiarów o charakterze dorywczym.

### 3. Kryzy miernicze

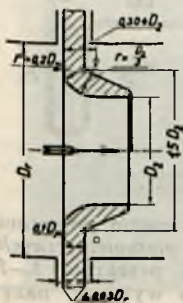
Rys. 28 przedstawia kryzę ostrobrzezną o wymiarach znormalizowanych, stanowiącą płytkę o grubości  $\leq 0,1 D$  z otworem o średnicy  $d$ ; wewnątrz otworu składa się z powierzchni cylindrycznej o grubości  $\leq 0,04 D$  i powierzchni stożkowej o kącie rozwarcia  $60^\circ$  w kierunku przepływu.

Kryzy miernicze stosuje się w rurociągach o średnicach  $\geq 50 \text{ mm}$ . Krawędź dławiąca w kryzach o średnicach  $D_2 < 150 \text{ mm}$  powinna być tak ostra, by nie załamywała promienia świetlnego, w kryzach o średnicach większych może być lekko złamana.

Średnica wewnętrzna kryzy powinna być wykonana z dokładnością do  $\pm 0,001 D_2$ . Odbiór ciśnienia może następować za pomocą jednego otworka piezometrycznego o średnicy  $\leq 0,03 D$  lub też za pomocą szczeliny piezometrycznej o szerokości  $\leq 0,03 D$ . Odbiór ciśnienia następuje bezpośrednio przed i poza kryzą.

### 4. Dysze miernicze

Rys. 29 przedstawia dyszę mierniczą o kształtach znormalizowanych. Powierzchnia wewnętrzna dyszy składa się z powierzchni czołowej, powierzchni obrotowej, utworzonej przez obrót łuków kołowych o promieniach  $r = 0,2 D_2$  i  $\frac{D_2}{3}$  i powierzchni cylindrycznej o średnicy  $D_2$ .



Rys. 29.  
Dysza miernicza.

Odbiór ciśnienia przed i poza dyszą mierniczą może odbywać się za pomocą pojedynczych otworków piezometrycznych o średnicy  $\leq 0,03 D$  lub też za pomocą obwodowych szczelin piezometrycznych, łączących wnętrze rurociągu z obwodowymi komorami ciśnień.

Łuki kołowe przechodzą stycznie zarówno w powierzchnię czołową, jak i w powierzchnię cylindryczną; oba łuki kołowe przechodzą w siebie bez załamania.

Dysze znormalizowane stosuje się w rurociągach o średnicy  $D \geq 50 \text{ mm}$ . Pomiar, na podstawie których opiera się obliczanie natężenia przepływu w dyszach, przeprowadzono przy średnicach od  $50 \text{ mm}$  do  $500 \text{ mm}$  i dla wyróżników  $m$  od  $0,05$  do  $0,64$ .

Dysze są zaopatrzone u wylotu w małe podtoczenie, zabezpieczające krawędź wylotową dyszy przed uszkodzeniem.

Średnica wewnętrzna  $d$  powinna być wykonana z dokładnością  $\pm 0,001 d$ . Cylindryczna część dyszy powinna być wy-

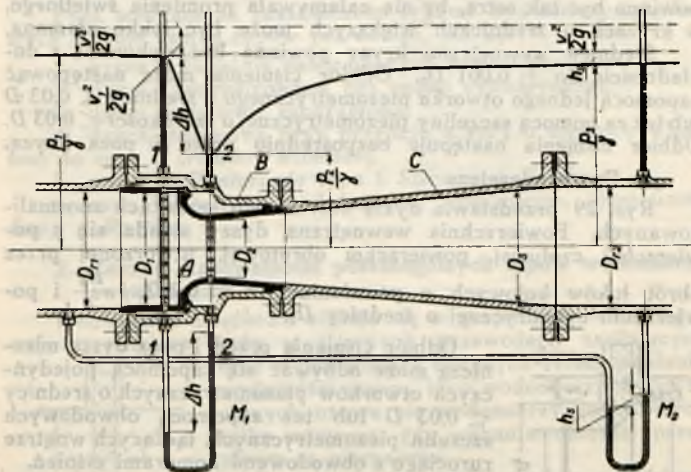
toczona ze szczególną starannością. Wewnętrzna powierzchnia dyszy powinna być gładka. Profile dysz powinny być sprawdzone szablonami.

Dysze i kryzy miernicze wykonywa się najczęściej z brązu, rzadziej ze stali uszlachetnionych nierdzewiejących.

### 5. Wodomierze Venturi'ego

Rura Venturi'ego (rys. 30) składa się ze zwężki A, osadzonej w kształtce wlotowej B oraz z dyfuzora C. W wodomierzach o średnicy nominalnej mniejszej od średnicy rurociągu umieszcza się przed rurą Venturi'ego wlotowy łącznik zbieźny.

Zwężka Venturi'ego składa się z cylindrycznej tulei wlotowej oraz z dyszy, przechodzącej stopniowo w dyfuzor. Zewnętrzna pobocznicą wlotowa tulei cylindrycznej oraz wewnętrzna ścianka



Rys. 30.  
Rura Venturi'ego.

kształtki wlotowej tworzą *obwodową komorę ciśnienia*, połączoną z wnętrzem zwężki za pomocą szeregu *otworków piezometrycznych*, rozmieszczonych na obwodzie tulei wlotowej przekroju 1—1. Przekrój, w którym następuje odbiór ciśnienia wyższego nazywamy *wlotowym przekrojem mierniczym*, a obwodową komorę ciśnienia, połączoną z wnętrzem cylindrycznej tulei wlotowej — *obwodową komorę wyższego ciśnienia*.

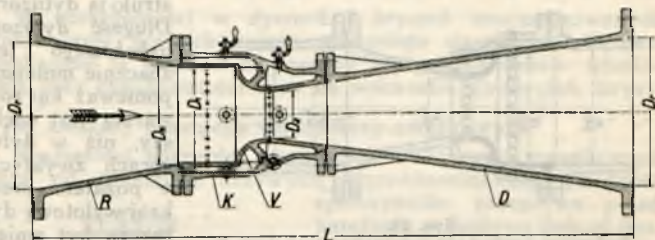
Zewnętrzna ścianka zwężki oraz wewnętrzna ścianka kształtki wlotowej tworzą *obwodową komorę ciśnienia niższego*, połączoną z wnętrzem zwężki za pomocą otworków piezometrycznych, rozmieszczonych w przekroju przewężenia 2—2.

Przewężenie stanowi powierzchnia cylindryczna o szerokości kilku lub kilkunastu milimetrów; powierzchnia ta przechodzi łagodnie w część rozbieżną zwężki, tworzącą jedną całość geometryczną z *dyfuzorem*. Na tem polega zasadnicza różnica pomiędzy zwężką *Venturi'ego*, a dyszą mierniczą, w której powierzchnia cylindryczna stanowi zakończenie dyszy.

*Dyfuzor* stanowi stożkowy łącznik rurowy rozbieżny o średnicy wylotowej równej średnicy rurociągu odpływowego. Kąt rozwarcia dyfuzorów zwykłych jest zawarty w granicach od  $7^{\circ}$  do  $15^{\circ}$ .

Działanie *wodomierza Venturi'ego* jest następujące:

Wskutek zmniejszenia się swobodnego przekroju przepływowego przy przejściu z przekroju wlotowego do przekroju prze-



Rys. 31 a.



Rys. 31 b.

Rura *Venturi'ego* typu PWP.

wężenia następuje wzrost średniej prędkości przepływu, a tem samem zmniejszenie się ciśnienia statycznego. Różnicę pomiędzy ciśnieniami, zachodzącymi w przekroju wlotowym i przekroju przewężenia nazywamy *mierniczym spadkiem ciśnienia*. W zwężce

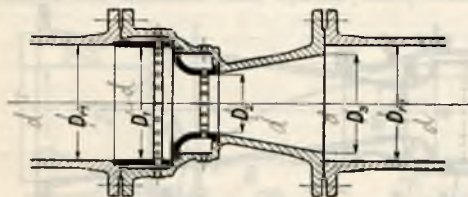


następuje zamiana energii ciśnienia na energię prędkości, a w dyfuzorze zamiana energii kinetycznej na energię ciśnienia. Zamiana ta, wskutek istnienia oporów hydraulicznych, nie jest zupełna, tak iż w obrębie rury Venturi'ego zachodzi t. zw. *stała strata ciśnienia*, stanowiąca pewną część spadku ciśnienia mierniczego.

Rys. 31 przedstawia rurę Venturi'ego, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“ składającą się (rys. 31 a) z łącznika redukcyjnego wlotowego R, kształtki wlotowej K, w której jest osadzona zwężka Venturi'ego V i dyfuzora D.

## 6. Wodomierze Venturi'ego z dyfuzorem uskokowym

Wodomierze Venturi'ego z dyfuzorem uskokowym (rys. 32) różnią się od wodomierzy Venturi'ego wyżej opisanych konstrukcją dyfuzora.



Rys. 32.  
Wodomierz Venturi'ego z dyfuzorem uskokowym.

Długość dyfuzora uskokowego jest znacznie mniejsza, ponieważ kąt rozwarcia jest większy, niż w dyfuzorach zwykłych, a poza tym przekrój wylotowy dyfuzora jest mniejszy od przekroju rury odpływowej, tak iż zmiana przekroju przepływowego odbywa się uskokiem.

Zaletą wodomierzy tego typu jest mniejsza długość wbudowania, a wadą — znacznie większe straty hydrauliczne trwałe.

## 7. Wstawka Venturi'ego

Wstawka Venturi'ego (rys. 33) składa się ze zwężki Z, osadzonej w uchwycie pierścieniowym U. Zasadnicza różnica pomiędzy zwężką Venturi'ego a wstawką Venturi'ego polega na kształcie dyfuzora, który we wstawce posiada kształt rozbieżnego łącznika rurowego o średnicy mniejszej od średnicy rurociągu, oraz na odmiennym rozwiązaniu odbioru wyższego ciśnienia. Uchwyt pierścieniowy U tworzy wraz z wstawką obwodowe komory ciśnieniowe, zaopatrzone w dwa króćce A i B do odbioru ciśnienia.

Wstawki Venturi'ego wykonywa się o średnicach nominalnych od 50 mm do 200 mm.

## 8. Wyróżniki konstrukcyjne wodomierzy zwężkowych

Wyróżnik konstrukcyjny  $m$ , określający stosunek pomiędzy przekrojami miernicznymi zwężki:  $m = F_2/F_1$  powinien być zawarty w granicach, określonych poniżej w zależności od systemu organu deprymogenicznego.

### Krzyża ostrobrzeżna.

$$0,05 < m < 0,7, \text{ a zatem: } 0,223 < D_2/D_1 < 0,837$$

### Dysza miernicza.

$$0,05 < m < 0,64, \text{ a zatem: } 0,223 < D_2/D_1 < 0,8$$

### Rura Venturi'ego.

$$0,0625 < m < 0,64, \text{ a zatem: } 0,25 < D_2/D_1 < 0,8.$$

Zaleca się obieranie stosunku  $D_2/D_1$  w granicach:

$$\text{dla kryż znormalizowanych} \dots\dots\dots 0,25 < D_2/D_1 < 0,5$$

$$\text{dla dysz znormalizowanych} \dots\dots\dots 0,25 < D_2/D_1 < 0,6$$

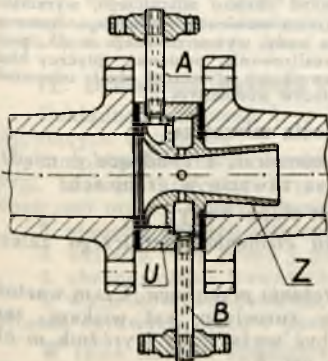
$$\text{dla rur Venturi'ego} \dots\dots\dots 0,25 < D_2/D_1 < 0,7.$$

W szczególności w dyszach i kryżach znormalizowanych przekraczanie górnych granic zaleconego stosunku  $D_2/D_1$  jest niewskazane ze względu na rosnący wpływ warunków wbudowania oraz chropowatości rury na wskazania dyszy lub kryży.

## 9. Obszary miernicze wodomierzy zwężkowych

Rozpiętości obszarów mierniczych wodomierzy zwężkowych zależą od przebiegu krzywych, przedstawiających zależność współczynnika przepływu  $\mu$  od natężenia przepływu (lub od liczby Reynolds'a) oraz od konstrukcji przyrządu rejestrującego, w którym następuje spadków ciśnienia, zachodzących w obrębie zwężki.

Z zasady mierniczej wodomierzy zwężkowych wynika, iż osiągnięcie obszarów mierniczych większych od 1:10 jest trudne. Jeśli bowiem rozpiętość obszaru mierniczego przepływomierza (t. j. przyrządu do pomiaru natężenia przepływu) wynosi 1:10, to zakres pomiaru spadków ciśnienia mierniczych jest określony stosunkiem 1:100. Gdyby nawet przyrządem wskazującym był



Rys. 33.

Wstawka Venturi'ego typu S. & H.

manometr różnicowy wodny (a więc urządzenie pozbawione jakichkolwiek wewnętrznych części ruchomych) o obszarze mierniczym od 0 do 2,5 m słupa wody to natężeniu przepływu, stanowiącemu  $1/10$  maksymalnego natężenia przepływu, odpowiadałaby wysokość słupa wody:

$$h = \frac{2500}{100} = 25 \text{ mm.}$$

Zakładając, iż odczyt stanu na manometrze w czasie ruchu może być dokonany z dokładnością 0,5 mm, otrzymamy błąd odczytu:

$$\varepsilon = \frac{0,5}{25} \cdot 100\% = 2,0\%.$$

Nieznaczone zwiększenie obszaru mierniczego w *wodomierzach Venturi'ego* poza stosunek 1:10 może być uzyskane przez odpowiednie ukształtowanie jednego z ramion manometru lub krzywki pierwiastkującej.

*Obszar mierniczy wodomierzy zwężkowych* jest tem większy, im:

1. racjonalniej pod względem hydraulicznym jest ukształtowany *organ deprymogeniczny*. Dlatego też w dyszach możemy osiągnąć w podobnych warunkach obszary miernicze większe, niż w kryzach, a w *wodomierzach Venturi'ego* — większe, niż w dyszach;

2. racjonalniej jest zaprojektowany i staranniej wykonany *przrząd rejestrujący*. Prostota konstrukcji przyrządu nie wpływa zasadniczo na rozpiętość obszaru mierniczego, lecz na zmienność wskazań w czasie.

Np. zapomocą *przyrządu rejestrującego z wstawką paraboliczną* można osiągnąć przy  $\Delta h = 6$  m słupa wody rozpiętość obszaru mierniczego, wyrażającą się stosunkiem 1:10, podczas gdy przy użyciu *manometru różnicowego stęgiowego* o obszarze mierniczym od 0 do 6 m słupa wody, wyworcowanego w  $s/h$ , przekroczenie stosunku 1:5 jest trudne do zrealizowania, ponieważ optyczny błąd, zachodzący przy odczytaniu  $\frac{1}{25}$  części wysokości użytecznej skali, odpowiada w przybliżeniu granicy dopuszczalnych błędów wodomierza.

## 10. Maksymalne spadki ciśnienia miernicze

*Maksymalne spadki ciśnienia miernicze*, zachodzące pomiędzy przekrojami mierniczymi zwężki, są zawarte w granicach:

$$\Delta h = 1,0 \div 6,0 \text{ m słupa wody.}$$

Wybór *maksymalnego spadku ciśnienia mierniczego* zależy od następujących czynników:

1. wartości *maksymalnego natężenia przepływu*. Czem wartość średniej prędkości przepływu w rurociągu jest większa, tem spadek mierniczy ciśnienia musi być wyższy, by wyróżnik  $m$  nie przekroczył granic, ustalonych w ust. 8;

2. *systemu i typu przyrządu rejestrującego*. Gdy przyrządem rejestrującym jest zwykły manometr różnicowy, pozbawiony wewnętrznych części ruchomych, wówczas spadek mierniczy ciśnienia może być zbliżony do dolnej granicy. W przyrządach rejestrujących, składających się z urządzenia wskazującego natężenia przepływu, z urządzenia rejestrującego wykreślił krzywą zmienności natężeń przepływu oraz z liczydła, sumującego objętości przepływu, spadek mierniczy ciśnienia powinien być większy, by siła motoryczna, proporcjonalna do wielkości spadku ciśnienia, mogła pokonać opory bezwładności oraz opory tarcia w me-

chanizmach przyrządu rejestrującego. Im spadek mierniczy ciśnienia jest wyższy, tem niezawodność działania przyrządu rejestrującego danego typu jest większa.

Jest rzeczą oczywistą, iż niezawodność działania dwu przyrządów rejestrujących tego samego systemu, lecz różnych typów może być różna, mimo iż maksymalne spadki miernicze ciśnienia będą w obu typach te same;

3. *najwyższej dopuszczalnej straty ciśnienia*, spowodowanej wstawieniem w przewód organu deprymogenicznego. Im spadek mierniczy ciśnienia w organie deprymogenicznym danego systemu jest większy, tem większa jest trwała strata ciśnienia.

*Wodomierze zwężkowe*, stosowane w gospodarce wodociągowej, powinny odznaczać się poza dokładnością wskazań i możliwie dużą rozpiętością obszaru mierniczego niezawodnością działania i możliwie małymi stratami hydraulicznymi. Zalety te osiągamy, stosując przyrządy rejestrujące o stosunkowo wysokich spadkach mierniczych ciśnienia i łącząc je z organami deprymogenicznymi, umożliwiającymi odzyskanie spadku ciśnienia, jaki zachodzi pomiędzy przekrojami mierniczymi zwężki.

A więc np. korzystniej jest stosować przyrząd o spadku ciśnienia mierniczym  $\Delta h = 6 \text{ m}$  słupa wody, połączony ze zwężką, umożliwiającą odzyskanie 95%  $\Delta h$ , niż przyrząd o spadku ciśnienia  $\Delta h = 3 \text{ m}$  słupa wody, połączony ze zwężką, umożliwiającą odzyskanie 90%  $\Delta h$ , mimo iż w obu wypadkach trwała strata ciśnienia jest ta sama i wynosi  $h_s = 300 \text{ mm}$ .

## 11. Dokładność wskazań kryz i dysz mierniczych

Dokładność wskazań *kryz* i *dysz mierniczych* zależy od następujących czynników:

1. dokładności wykonania wewnętrznej powierzchni dyszy wzgl. krawędzi czynnej kryzy, a w szczególności średnicy wewnętrznej organu deprymogenicznego,
2. sposobu odbioru ciśnienia przed i poza zwężką,
3. kształtu rury przed i poza zwężką,
4. chropowatości wewnętrznych ścian rury, oraz
5. warunków wbudowania, a w szczególności od długości prostek rurowych przed i poza organem deprymogenicznym.

W razie ścisłego spełnienia wymagań, ustalonych przez przepisy niemieckie, można uzyskać dokładność wskazań:

a) *dysza znormalizowana z 1930 r.*

$$\begin{aligned} \text{przy } R < R_k & \quad \varepsilon = 1,5\% \\ \text{przy } R > R_k & \quad \varepsilon = 1,3\% \div 0,5\% \end{aligned}$$

b) *kryza znormalizowana*

$$\begin{aligned} \text{przy } R < 0,25 \cdot 10^6 \text{ m} & \quad \varepsilon = 1,0\% \\ \text{przy } R > 0,25 \cdot 10^6 \text{ m} & \quad \varepsilon = 1,0\% \div 0,5\%. \end{aligned}$$

We wzorach powyższych oznacza:

$R$  — liczbę Reynolds'a, a  $R_k$  krytyczną wartość liczby Reynolds'a.

Wartości  $\epsilon$ , podane wyżej, określają błędy wyznaczenia natężenia przepływu  $Q$ , którego wartość ustalamy na podstawie pomiaru spadku ciśnienia  $\Delta h$  zapomocą manometru różnicowego rtęciowego lub wodnego lub też manometru, napełnionego inną cieczą manometryczną, a nie na podstawie wskazań przyrządu rejestrującego!

Aby ustalić całkowity błąd wskazań, zachodzący przy pomiarze natężenia przepływu zapomocą kryzy lub dyszy, połączonej z przyrządem rejestrującym, musimy wziąć pod uwagę błąd wskazań przyrządu rejestrującego  $e$ .

Błąd całkowity urządzenia mierniczego obliczamy na podstawie wzoru:

$$E = \sqrt{\epsilon^2 + e^2}.$$

## 12. Warunki prawidłowego wbudowania dysz i kryz miernicznych

Wpływ kolan i zaworów na wskazania dysz i kryz miernicznych staje się niewyczuwalny, gdy długości prostek rurowych  $L_1$  i  $L_2$ , umieszczonych przed wzgl. poza zwężką, osiągną wartości, zestawione poniżej dla zwęzek o wyróżniku  $m = 0,5$ .

Wpływ kolan na wskazania dysz i kryz miernicznych.

Dysza		Kryza	
Przed wzgl. poza zwężką kolano płaskie.			
$L_1 \geq 20 D$	$L_2 \geq 4 D$	$L_1 \geq 26 D$	$L_2 \geq 4 D$
Przed wzgl. poza zwężką dwa kolana płaskie.			
$L_1 \geq 50 D$	$L_2 \geq 5 D$	$L_1 \geq 20 D$	$L_2 \geq 5 D$
Przed wzgl. poza zwężką kolano przestrzenne.			
$L_1 \geq 16 D$	$L_2 \geq 5 D$	$L_1 \geq 16 D$	$L_2 \geq 5 D$

Wpływ otwarcia zaworów zasuwowych, umieszczonych w odległościach  $L_1$  wzgl.  $L_2$  przed lub poza zwężką (przy  $m = 0,5$ ).

Dysza miernicza.

Stosunek otwarcia zaworu $f/F$	0 ÷ 0,1	0,1 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,8
Długość prostki wlotowej $L_1$	50 D	28 D	10 D
Długość prostki wylotowej $L_2$	5 D	5 D	5 D

Kryza miernicza.

Stosunek otwarcia zaworu $f/F$	0 ÷ 0,1	0,1 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,8
Długość prostki wlotowej $L_1$	55 D	30 D	15 D
Długość prostki wylotowej $L_2$	5 D	5 D	5 D

Wyżej podane długości prostek rurowych odnoszą się do zwęzek, zaopatrzonych w obwodowe komory ciśnienia, o wartości wyróżnika konstrukcyjnego  $m = 0,5$ . Przy mniejszych wartościach  $m$  długości  $L_1$  i  $L_2$  mogą być krótsze, a przy większych powinny być dłuższe.

Gdy odbiór ciśnienia w przekrojach mierniczych odbywa się w jednym punkcie, a nie zapomocą obwodowej komory ciśnień, wówczas długości  $L_1$  i  $L_2$  muszą być znacznie dłuższe (Regeln... Arbeitsblatt 2).

### 13. Wpływ niektórych czynników na dokładność wskazań dysz i kryz mierniczych

#### A) Wpływ odbioru ciśnienia na wskazania dysz i kryz.

Wskazania *dysz i kryz mierniczych* zależą w wysokim stopniu od prawidłowości odbioru ciśnienia. Przy wyróżniku  $m = 0,5$  uchybienia, spowodowane nieprawidłowością odbioru ciśnienia mogą dojść do 4% przy dyszach, a do 3% przy kryzach.

#### B) Wpływ obróbki krawędzi dławiącej kryzy na dokładność wskazań

W *kryzach ostrobrzeźnych* niedoskonałość obróbki krawędzi dławiącej powoduje błędy, dochodzące do 2%. W szczególności stopień krawędzi dławiącej posiada duży wpływ w kryzach o mniejszych średnicach (Regeln... ust. 52).

#### C) Wpływ chropowatości rury na wskazania dysz i kryz mierniczych.

*Chropowatość* wewnętrznych ścian rury, w którą wstawiona jest dysza miernicza lub kryza miernicza, wywiera znaczny wpływ na dokładność jej wskazań. Ze względu na trudność liczbowego określenia stopnia chropowatości rury, trudno ustalić w sposób ilościowy wpływ chropowatości ścian na wskazania dyszy lub kryzy. Wpływ chropowatości ścian jest tym większy, im stosunek  $m = F_2/F_1$  jest bliższy jedności. Uchybienia dodatkowe, spowodowane chropowatością rury, mogą osiągnąć przy stosunku  $m = 0,5$  następujące wartości: przy dyszach 0,9%, przy kryzach 2%.

Wskutek zwiększającej się z biegiem czasu chropowatości ścian wewnętrznych rury, dokładność wskazań dysz i kryz ulega pogorszeniu. W przeważającej większości wypadków nie można określać wartości błędów wskazań dysz lub kryz, spowodowanych wzrastającą chropowatością i inkrustacjami, tworzącymi się na wewnętrznej powierzchni rury, tak iż po pewnym okresie pracy w sieci kryza lub dysza miernicza stanowią przyrząd o niezna-nej dokładności wskazań.

#### D) Wpływ nieprawidłowego wbudowania dysz i kryz.

*Nieprawidłowość wbudowania* zwężki może być spowodowana następującymi czynnikami:

1. rzeczywista średnica rury różni się od średnicy nominalnej, przyjętej w obliczeniach,

2. rura u wylotu (t. j. bezpośrednio przed zwężką) rozszerza się stożkowo (wypadek ten zachodzi głównie przy nawalcowych kołnierzach),

3. bezpośrednio przed zwężką jest umieszczony łącznik redukcyjny rozbieżny,
4. bezpośrednio przed zwężką jest umieszczony łącznik redukcyjny zbieżny,
5. bezpośrednio poza zwężką jest umieszczony łącznik redukcyjny zbieżny,
6. organ deprymogeniczny jest osadzony mimośrodowo,
7. uszczelkę osadzono mimośrodowo,
8. uszczelka posiada średnicę mniejszą od średnicy rurociągu,
9. średnica przedniego uchwyty pierścieniowego jest mniejsza od średnicy rury,
10. kołnierze przynitowano do rury.

Dla orientacji podajemy wartości dodatkowych błędów, spowodowanych niektórymi z wyżej wymienionych czynników, dla dysz i kryz o wyróżniku  $m = 0,5$ .

Błędy, spowodowane umieszczeniem łącznika redukcyjnego rozbieżnego bezpośrednio przed kryzą, wynoszą  $-50\%$ .

Jeżeli bezpośrednio przed kryzą jest umieszczony łącznik rurowy zbieżny, wówczas błędy dodatkowe wynoszą  $+2\%$ .

Przy umieszczeniu łącznika zbieżnego bezpośrednio poza kryzą otrzymujemy błąd dodatkowy  $-1\%$ .

Błąd, spowodowany wstawieniem uszczelki o średnicy  $D' = 0,95 D$ , dla dyszy:  $-5\%$ , dla kryzy:  $-2\%$ .

Błąd, spowodowany wstawieniem uchwyty pierścieniowego przedniego o średnicy mniejszej ( $D' = 0,95 D$ ) od średnicy rurociągu, dla dyszy  $+1\%$ , dla kryzy  $+2,5\%$ .

Błędy, spowodowane przynitowaniami kołnierzami, wynoszą dla dysz:  $-0,5\%$ , dla kryz od  $-1\%$  do  $-3\%$ .

#### 14. Trwałe straty ciśnienia w dyszach i kryzach

Przy przepływie cieczy przez dysze i kryzy powstają straty hydrauliczne, wywołane wirami i zaburzeniami, jakie tworzą się poza organem deprymogenicznym oraz oporami tarcia przy przepływie przez zwężkę. Oczywiście straty wywołane wirami i zaburzeniami są dominujące.

Wielkość trwałych strat ciśnienia zależy przede wszystkim od stosunku przekrojów  $F_2/F_1$  oraz od wielkości kryzy. Im stosunek  $F_2/F_1$  jest mniejszy, tem straty hydrauliczne większe.

W kryzach strata ciśnienia trwała wynosi:

$$h_s = (0,3 \div 0,8) \Delta h,$$

przyczem dolna wartość odnosi się do kryz o wyróżniku konstrukcyjnym, zbliżonym do górnej granicy  $m = 0,7$ , a górna wartość — do dolnej granicy  $m = 0,05$ .

W dyszach stratę ciśnienia trwałą obliczamy na podstawie przybliżonego wzoru:

$$h_s = \frac{1 - \alpha m}{1 + \alpha m} \cdot \Delta h,$$

gdzie  $\alpha$  oznacza współczynnik zwężenia strugi, a  $m = F_2/F_1$  wyróżnik konstrukcyjny dyszy.

Np. dla dyszy o wyróżniku  $m = 0,5$ , współczynnik zwężenia:  $\alpha = 1,08$ , a wysokość strat hydraulicznych:

$$h_s = 0,3 \Delta h.$$

### 15. Zalety wodomierzy Venturi'ego w porównaniu z innymi systemami wodomierzy zwężkowych

Wodomierze Venturi'ego z normalnym dyfuzorem odznaczają się następującymi zaletami w porównaniu z innymi wodomierzami zwężkowymi:

1. największą rozpiętością obszaru mierniczego i dokładnością wskazań, uzyskaną dzięki płaskiemu przebiegowi krzywej zależności współczynnika przepływu od natężenia przepływu,

2. ukształtowanie rury Venturi'ego zapewnia łagodny osiowo-symetryczny przepływ, w przeciwieństwie do dyszy lub kryzy, poza którą tworzą się wiry i zaburzenia. Zjawiska te nie pozostają bez ujemnego wpływu na prawidłowość odbioru ciśnienia, od której przede wszystkim zależy dokładność pomiaru natężenia przepływu,

3. różnice w profilu zwężki Venturi'ego oraz drobne niedoskonałości w wykonaniu jej wewnętrznych powierzchni nie oddziałują w sposób tak wybitny na wskazania wodomierza, jak w kryzach lub dyszach. Przejście z przekroju wlotowego do przekroju przewężenia może posiadać kształt dyszy znormalizowanej lub dyszy parabolicznej, lub też kształt pośredni pomiędzy dyszą znormalizowaną, a paraboliczną, pod warunkiem, by przejście to zachodziło w sposób ciągły i łagodny,

4. wodomierze Venturi'ego odznaczają się znacznie większą niezmiennością wskazań w czasie, niż inne wodomierze zwężkowe, ponieważ drobne rysy i uszkodzenia, wywołane działaniem cząstek stałych unoszonych przez przepływający strumień wody, wywierają znacznie mniejszy wpływ na wskazania, niż w dyszach i kryzach, w których uszkodzenie krawędzi dławiącej w jednym miejscu zmniejsza w sposób wybitny dokładność wskazań,

5. ponieważ średnica wlotowa rury Venturi'ego w nowoczesnych rozwiązaniach konstrukcyjnych jest mniejsza od 10 do 20 mm od średnicy przewodu, przeto mimośrodowość osadzenia rury nie wywiera żadnego wpływu na wskazania wodomierza Venturi'ego,

6. wpływ chropowatości ścian rury na wskazania wodomierza Venturi'ego został zupełnie usunięty w nowoczesnych typach tych wodomierzy. Odbiór ciśnienia wyższego odbywa się na poboczniczy brązowej tulei, której średnica jest o 10 ÷ 20 mm mniejsza od średnicy rury. Wpływ chropowatości ścian na wskazania wodomierza mógłby wystąpić dopiero wtedy, gdyby na wewnętrznych ścianach rury utworzyła się warstwa inkrustacji



o grubości 5–10 mm oraz gdyby odbiór ciśnienia następował w płaszczyźnie, położonej bezpośrednio poza krawędzią wlotową rury,

7. z pośród wszystkich wodomierzy zwężkowych *wodomierze Venturi'ego* odznaczają się największą *niezależnością wskazań od warunków wbudowania*.

Gdy średnica rury *Venturi'ego* jest równa średnicy rurociągu, wówczas długość prostki rurowej, umieszczonej przed wodomierzem powinna wynosić co najmniej:

$$L_1 > 5 D,$$

natomiast rury *Venturi'ego*, zaopatrzone w zbieżne łączniki redukcyjne, mogą być umieszczane bezpośrednio poza załomami, kolanami, zaworami i t. p.

Długość prostki rurowej, umieszczonej poza wodomierzem z dyfuzorem zwykłym, powinna wynosić:

$$L_2 > 2 D.$$

Natomiast w dyszach i kryzach o wyróżniku  $m = 0,5$  długości prostek wlotowych są zawarte w granicach od  $10 D$  do  $50 D$ .

Jak dalece wskazania *wodomierzy Venturi'ego* są niezależne od zmian w warunkach wbudowania, przekonałem się przy przeprowadzaniu badań gwarancyjnych *wodomierzy Venturi'ego* o średnicy nominalnej 400 mm w laboratorium firmy *H. Meinecke* we Wrocławiu. Ponieważ poza wodomierzami miały być umieszczone zawory zasuwowe, przeto badania przeprowadzałem, przymykając stopniowo zawór zasuwowy, umieszczony bezpośrednio poza dyfuzorem. Przy przymknięciu zaworu do 3/4, a zatem przy przekroju swobodnym  $f' = 0,3 f$  nie zdołałem stwierdzić wpływu przymknięcia zaworu na wskazania wodomierza.

8. Wskutek racjonalnego pod względem hydraulicznym ukształtowania organu deprymogenicznego *trwała strata ciśnienia* w wodomierzach *Venturi'ego* jest znacznie mniejsza, niż w dyszy lub kryzie o tym samym wyróżniku konstrukcyjnym  $m$  i przy tym samym spadku mierniczym ciśnienia  $\Delta h$ .

W *wodomierzach Venturi'ego* o średnicach nominalnych 100 ÷ 500 mm i spadku mierniczym ciśnienia  $\Delta h = 6 m$  słupa wody, strata trwała ciśnienia jest zawarta w granicach:

$$h_s = (0,06 \div 0,12) \Delta h.$$

Wyższe wartości odnoszą się do wodomierzy o średnicach mniejszych, niższe wartości — do wodomierzy większych.

Z pośród szeregu *wodomierzy Venturi'ego*, jakie sprawdzałem, najlepsze wyniki pod względem energetycznym otrzymałem w wodomierzach firmy *Polski Wodomierz* w Poznaniu. Mianowicie w trzech wodomierzach o średnicy nominalnej 500 mm i spadku mierniczym ciśnienia  $\Delta h = 6 m$  słupa wody trwała strata ciśnienia była zawarta w granicach od 330 mm do 350 mm, a zatem:

$$h_s = (5,5\% \div 5,6\%) \Delta h.$$

## 16. Porównanie własności hydraulicznych i mierniczych wodomierzy *Venturi'ego* z dyfuzorem normalnym i uskokowym

W *wodomierzach Venturi'ego*, zaopatrzonych w *dyfuzory uskokowe*, przejście z przekroju wylotowego dyfuzora do przekroju rury odpływowej odbywa się uskokiem przez nagłe zwiększenie

szenie przekroju. Średnica wylotowa dyfuzora uskokowego jest zatem mniejsza od średnicy rurociągu, umieszczonego poza wodomierzem. Kąt rozwarcia dyfuzorów uskokowych jest zawarty w granicach od  $15^{\circ}$  do  $25^{\circ}$ , podczas gdy kąt rozwarcia dyfuzorów normalnych nie przekracza  $15^{\circ}$ . Mimo znacznie większego kąta rozwarcia strumień wody nie odrywa się od wewnętrznej powierzchni dyfuzora, ponieważ podciśnienie, powstające poza dyfuzorem, powoduje przyleganie strumienia wodnego do jego powierzchni.

Strumień wody, prowadzony przez dyfuzor uskokowy, odrywa się od jego wewnętrznej powierzchni wzdłuż krawędzi wylotowej, wskutek czego bezpośrednio poza dyfuzorem tworzą się wiry i zaburzenia, powodujące straty hydrauliczne. Trwała strata ciśnienia w wodomierzach *Venturi'ego* o średnicach nominalnych od 250 mm do 400 mm, zaopatrzonych w dyfuzory uskokowe jest zawarta w granicach:

$$h_s = (17\% \div 20\%) \Delta h$$

jest zatem kilkakrotnie większa od straty w wodomierzach tej samej średnicy nominalnej, zaopatrzonych w dyfuzory normalne.

Właściwości miernicze wodomierzy *Venturi'ego* z dyfuzorem uskokowym dorównują właściwościom wodomierzy z dyfuzorem normalnym. Ponieważ odbiór ciśnienia w wodomierzach tego typu odbywa się w sposób prawidłowy, niezmiennosc wskazań w czasie jest prawdopodobnie ta sama, co w wodomierzach z dyfuzorami normalnymi.

W porównaniu z wodomierzami *Venturi'ego* z dyfuzorami normalnymi, wodomierze z dyfuzorami uskokowymi posiadają tę zaletę, iż ich długość wbudowania jest mniejsza.

## 17. Porównanie właściwości mierniczych wodomierzy *Venturi'ego* i wstawek *Venturi'ego*

Zarówno wodomierz *Venturi'ego*, jak i wstawka *Venturi'ego* należą do wodomierzy zwężkowych, których zalety miernicze są tem większe, im racjonalniej i dokładniej będzie przeprowadzany odbiór i pomiar spadku ciśnienia.

Konstrukcja wstawki *Venturi'ego* nasuwa następujące zastrzeżenia:

1. odbiór ciśnienia w najwęższym przekroju wstawki odbywa się prawidłowo, podobnie jak w zwężce *Venturi'ego*, za pośrednictwem szeregu otworków, łączących wnętrze wstawki z obwodową komorą ciśnienia. Natomiast odbiór ciśnienia dopływowego odbywa się w sposób sprzeczny ze wskazaniami nauki o pomiarach wodnych.

W szczególności:

a) odbiór ciśnienia dopływowego następuje w obszarze, połączonym z obszarem dynamicznym za pośrednictwem obwodowej szczeliny, w ten sposób ukształtowanej, iż ciśnienie, panu-

jące w komorze wyższego ciśnienia, jest sumą ciśnienia statycznego i części ciśnienia dynamicznego, spowodowanego energią ruchu wody, wciskającej się w obwodową szczelinę. Wysokość ciśnienia w komorze wyższego ciśnienia zależy od szerokości szczeliny, łączącej wnętrze wstawki z komorą odbioru ciśnienia. Wielkość szczeliny jest zmienna, ponieważ średnice rzeczywiste rur różnią się od średnic nominalnych. Najmniejsza zmiana średnicy rury, umieszczonej przed wstawką, powoduje zmianę ciśnienia dynamicznego, a tem samem zmianę wskazań przyrządu rejestrującego,

b) gdyby nawet istniała możliwość sprawdzenia wstawki Venturi'ego na miejscu wbudowania, to wskutek osadów i inkrustacji, jakie tworzą się na wewnętrznej powierzchni rury, wysokość ciśnienia w komorze wyższego ciśnienia ulegałaby z biegiem czasu zmianie,

c) zawiesiny, unoszone przez wodę, będą osadzać się w szczelinie łączącej komorę wyższego ciśnienia z obszarem płynącej wody, co może z biegiem czasu doprowadzić do zupełnego zatkania się komory.

Z rozważań, przytoczonych w punktach a) do c) wypływają następujące wnioski:

a) wobec nieprawidłowego odbioru ciśnienia po stronie dolotowej pomiar spadku ciśnienia mierniczego może być obarczony jednokierunkowymi błędami,

b) wstawki Venturi'ego odznaczają się jednokierunkową zmiennością wskazań w czasie,

2. wiry i zaburzenia, powstające zarówno na wlocie, jak i na wylocie odbijają się ujemnie na dokładności wskazań i prowadzą do zacieśnienia obszaru mierniczego,

3. trwała strata ciśnienia w wodomierzach o tej samej średnicy nominalnej i o tym samym wyróżniku liczbowym zwężki, odpowiadająca temu samemu natężeniu przepływu, wskutek powstawania wirów u wylotu przystawki, jest większa we wstawce Venturi'ego niż w wodomierzu Venturi'ego,

4. ze względu na nieracjonalność prowadzenia wody, wpływ załomów, kolan i zaworów, wbudowanych przed i poza zwężką, jest silniejszy niż w wodomierzu Venturi'ego.

Wstawki Venturi'ego odznaczają się w porównaniu z wodomierzami Venturi'ego następującymi zaletami: 1. taniością, 2. łatwością montażu i 3. krótszą długością wbudowania.

Powyższe rozważania prowadzą do następujących wniosków:

Z pośród wszystkich systemów wodomierzy zwężkowych wodomierze Venturi'ego z normalnym dyfuzorem odznaczają się największą dokładnością wskazań, największą rozpiętością obszarów miernicznych, największą niezależnością wskazań od warunków wbudowania, najmniejszą zmiennością wskazań w czasie oraz powodują najmniejsze straty hydrauliczne. Dlatego wodomierze tego systemu powinny być wyłącznie stosowane do pomiarów wodociągowych o stałym charakterze.

## 18. Przyrządy rejestrujące do wodomierzy zwężkowych

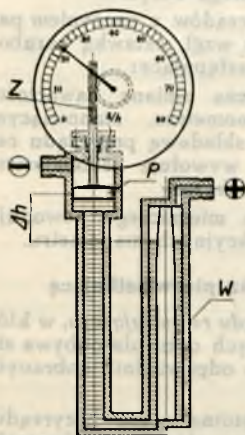
Najprostszym przyrządem, umożliwiającym wyznaczenie natężeń przepływu w wodomierzach zwężkowych jest *manometr różnicowy*, zaopatrzony w skalę mianowaną  $s/h$  lub  $l/sek.$  Jest to wprawdzie przyrząd mierniczy bardzo prosty i niezawodny w ruchu, lecz niedogodny dla prowadzenia ciągłej kontroli zużycia wody.

*Przyrządy rejestrujące*, stosowane w gospodarce wodociągowej, dzielimy na dwie zasadnicze grupy:

a) przyrządy, w których pierwiastkowanie odbywa się przy pomocy odpowiednio ukształtowanych ramion manometru różnicowego (jedno z ramion stanowi naczynie paraboloidalne lub naczynie z wstawką paraboloidalną),

b) przyrządy, w których pierwiastkowanie uskutecznia *krzywka* o specjalnie dobranym profilu.

Inne typy przyrządów rejestrujących jak np. *waga pierścieniowa*, są rzadko stosowane w gospodarce wodociągowej, ponieważ przy spadkach ciśnienia mierniczych  $\Delta h > 3 m$  słupa wody rozmiary wagi pierścieniowej wypadają bardzo duże.



Rys. 34.  
Przyrząd rejestrujący  
z wstawką paraboloidalną.

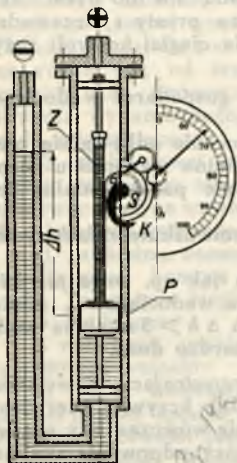
*Przyrządy rejestrujące z wstawką paraboloidalną lub krzywką pierwiastkującą* stosuje się wówczas, gdy spadek ciśnienia mierniczy, odpowiadający maksymalnemu natężeniu przepływu jest zawarty w granicach od  $1,5 m$  do  $6,0 m$  słupa wody. Ze względu na średnie prędkości przepływu, panujące w rurociągach, rzadko zachodzi potrzeba i możliwość stosowania przyrządów o spadku ciśnienia mierniczym  $\Delta h < 1,5 m$  słupa wody.

## 19. Przyrządy rejestrujące z naczyniem paraboloidalnym lub wstawką paraboloidalną

W przyrządach tego typu pierwiastkowanie spadków ciśnienia mierniczych odbywa się przez ukształtowanie jednego z ramion manometru na podobieństwo paraboloidy wzgl. przez umieszczenie w ramieniu wyższego ciśnienia wstawki paraboloidalnej.

Rys. 34 przedstawia schemat *przyrządu rejestrującego*, w którym pierwiastkowanie spadków ciśnienia mierniczych odbywa się w manometrze rtęciowym różnicowym przy pomocy odpowiedniego ukształtowania jednego z ramion manometru. W ramieniu, połączonym z obszarem wyższego ciśnienia, znajduje się

paraboloidalna wstawka  $W$ , wskutek czego wzniosy pływaka  $P$ , unoszącego się na powierzchni swobodnej rtęci w ramieniu, połączone z obszarem niższego ciśnienia, są proporcjonalne do natężenia przepływu, jakie zachodzi w obrębie przekrojów mierniczych zwężki. Ruchy pływaka przenoszą się za pomocą zębátky  $Z$  i układu kółek na mechanizm wskazujący i sumujący przyrządu rejestrującego.



Rys. 35.  
Przyrząd rejestrujący z krzywką pierwiastkującą.

W porównaniu z przyrządami, zaopatrzonymi w *krzywkę pierwiastkującą*, przyrządy ze wstawką paraboloidalną wzgl. z naczyniem paraboloidalnym, odznaczają się znacznie większą, bo nieograniczoną niemal dokładnością pierwiastkowania spadków mierniczych w czasie. Wyływa to ślad, iż wewnętrzne ściany manometru wzgl. powierzchnia paraboloidalna wstawki nie ulega zużyciu.

Wady przyrządów z naczyniem paraboloidalnym wzgl. wstawką paraboloidalną są następujące:

1. nieznaczna zmiana zawartości rtęci w manometrze, stanowiącym istotną część składową przyrządu rejestrującego, wwołuje jednokierunkowe błędy wskazań,
2. zmiana wielkości spadku ciśnienia mierniczego powoduje konieczność zasadniczych zmian konstrukcyjnych manometru.

## 20. Przyrządy rejestrujące z krzywką pierwiastkującą

Rys. 35 przedstawia schemat przyrządu rejestrującego, w którym pierwiastkowanie spadków mierniczych ciśnienia odbywa się przy pomocy *krzywki pierwiastkującej* o odpowiednio dobranym profilu.

Manometr różnicowy, stanowiący istotną część przyrządu, składa się z dwu ramion cylindrycznych o różnych przekrojach, z których jedno jest połączone z obszarem wyższego ciśnienia, a drugie z obszarem niższego ciśnienia. Na powierzchni swobodnej rtęci w ramieniu wyższego ciśnienia unosi się pływak  $P$ , którego wzniosy są proporcjonalne do spadku ciśnienia mierniczego. Ruchy pływaka przenoszą się za pośrednictwem zębátky  $Z$  i sprzęgła  $S$  na krzywkę  $K$ , osadzoną na osi sprzęgła i uruchamiającą mechanizm przyrządu rejestrującego. Krzywka  $K$  posiada taki profil, iż odchylenia wskazówki przyrządu rejestrującego są proporcjonalne do natężenia przepływu.

Zalety przyrządów rejestrujących z *krzywką pierwiastkującą* zależą w wysokiej mierze od rozwiązania konstrukcyjnego przyrządu.

Wady przyrządów rejestrujących tego typu są następujące:

- a) profil krzywki wskutek tarcia trzpienia prowadzącego i wpływów atmosferycznych może ulec z biegiem czasu zmianie,
- b) zmiany temperatury wpływają na profil krzywki pierwiastkującej.

## 21. Dopuszczalne obciążenia wodomierzy zwężkowych

W wodomierzach zwężkowych stosuje się tylko pojęcie *najwyższego dopuszczalnego obciążenia*, które jest zarazem dopuszczalnym obciążeniem godzinnym, dobowym i trwałym.

*Najwyższe dopuszczalne obciążenie wodomierzy Venturi'ego* jest równe maksymalnemu natężeniu przepływu.

# PRZYBORY DO SPRAWDZANIA WODOMIERZY

opracował<sup>1)</sup> inż.-mech. A. T. Troskolański.

## WSTĘP

Nadzór techniczny nad wodomierzami, pracującymi w sieci, polega na periodycznym wyjmowaniu wodomierzy z sieci, połączeniem z naprawą, wzorcowaniem i legalizacją. Wzorcowanie i sprawdzanie wodomierzy odbywa się w *pracowniach sprawdzania wodomierzy*, odpowiadających postanowieniom „Instrukcji legalizacyjnej dla przepływomierzy wodociągowych. Przybory legalizacyjne”. (POM poz. 3,748/2). Poza sprawdzaniem wodomierzy w stacjach wodomierzowych stosuje się w praktyce wodociągowej przybliżone metody sprawdzania wodomierzy, jak np. metodę hamburską, drezdeńską i t. p. (ob. część IX).

Zasada sprawdzania wodomierzy w stacjach wodomierzowych polega na porównywaniu wskazań *wodomierza*, wstawionego w *stół mierniczy*, ze wskazaniami *zbiornika mierniczego*, do którego uchodzi woda, przepływająca przez wodomierz badany, Sposoby sprawdzania wodomierzy różnych systemów opisano w części X.

## I. Zbiorniki miernicze

### 1. Wiadomości ogólne

*Zbiornikiem mierniczym* nazywamy otwarty zbiornik dowolnego kształtu, zaopatrzony w urządzenie do pomiaru objętości wody, wypełniającej zbiornik całkowicie lub częściowo.

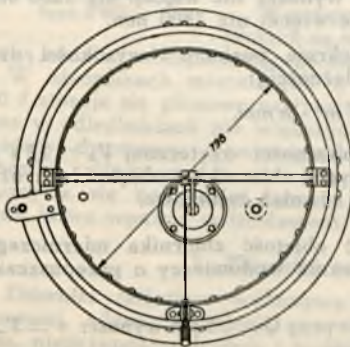
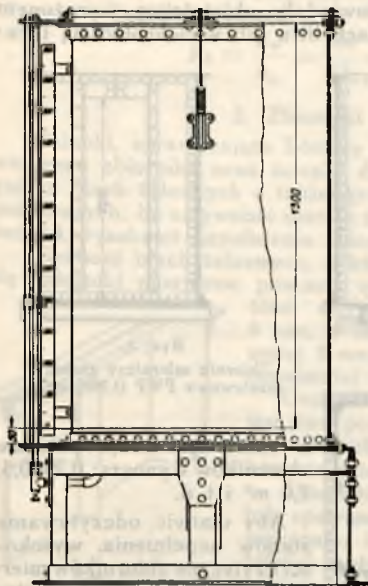
*Zbiorniki miernicze*, służące do sprawdzania wodomierzy i odpowiadające przepisom o przyborach, posiadają kształt cylindrów lub graniastosłupów o pionowej poboczniczy i poziomem dnie. Zbiorniki te mogą stanowić jedną *komorę mierniczą*, lub też składać się z szeregu komór mierniczych, oddzielonych od siebie ściankami.

Zbiorniki, stanowiące jedną komorę mierniczą, nazywamy *zbiornikami pojedynczemi* (rys. 1).

<sup>1)</sup> Rozdział ten opracowano na podstawie Instrukcji legalizacyjnej dla przepływomierzy wodociągowych. Przybory legalizacyjne. (POM poz. 3, 748/2), oraz artykułów inż. A. T. Troskolańskiego o manometrach różnicowych i o prawidłowym odbiorze ciśnienia w układach, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy (ob. bibliografia).

Zbiorniki, składające się z szeregu oddzielnych komór mierniczych, nazywamy *zbiornikami złożonymi* (rys. 2).

Poszczególne komory zbiorników złożonych mogą stanowić odrębne jednostki miernicze lub też mogą być oddzielone od siebie ściankami przelewowymi (rys. 3) i służyć do pomiaru objętości większej od pojemności jednej z komór; zbiorniki takie nazywamy *zbiornikami złożonymi przelewowymi*.



Rys. 1.

Zbiornik mierniczy pojedynczy PWP (600 l).

*Objętością użyteczną* zbiornika mierniczego pojedynczego wzgl. komory mierniczej w zbiorniku złożonym nazywamy objętość, zawartą pomiędzy płaszczyzną poziomą, przechodzącą przez krawędź przelewową tulei cylindrycznej, okalającej zawór wypływowy w dnie, a płaszczyzną poziomą, przechodzącą przez najwyższy punkt skali.

*Objętością użyteczną* komory mierniczej w zbiorniku złożonym przelewowym nazywamy objętość, zawartą pomiędzy płaszczyzną poziomą, przechodzącą przez krawędź przelewową tulei cylindrycznej, okalającej zawór wypływowy w dnie, a płaszczyzną poziomą, przechodzącą przez krawędź przelewową otworu, umieszczonego w ścianie działowej.

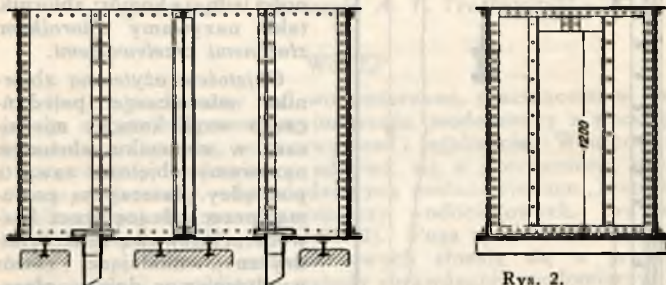
Objętość użyteczną zbiornika złożonego wyrażamy sumą objętości użytecznych poszczególnych komór mierniczych.

Zgodnie z zaleceniami przepisów, polskie wytwórnie wodomierzowe wykonują *zbiorniki miernicze* o objętościach użytecznych: 300 l, 600 l, 1200 l, 2400 l oraz objętościach, będących ich dziesięciokrotną wzgl. stukrotną wielokrotnością.



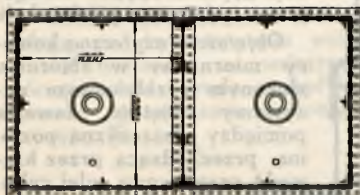
Przekroje poziome zbiorników mierniczych o pojemnościach użytecznych  $V_u \leq 1,2$  s są kołowe lub prostokątne, zbiorników większych — prostokątne.

Przekroje poziome zbiorników są tak dobierane, by działki elementarne na skalach odpowiadały objętościom wyrażonym w litrach, całkowitych częściach litra lub wielokrotnością litra;



Rys. 2.

Zbiornik mierniczy złożony przelewowy PWP (1200/1200 l).



a zatem przekroje poziome zbiorników wynoszą: 0,25, 0,5, 1,0  $m^2$  i t. d.

Aby ułatwić odczytywanie stanów napełnienia, wysokości użyteczne zbiorników mierniczych o całkowitych objętościach użytecznych  $V_u \leq 12$  s wynoszą nie więcej, niż 1200 mm,

a zbiorników większych — nie więcej niż 1800 mm.

Objętości użyteczne, przekroje poziome i wysokości użyteczne są związane z sobą zależnością:

$$V l = F m^2 \cdot h \text{ mm.}$$

Zbiorniki miernicze o pojemności użytecznej  $V_u \leq 12$  s są wykonywane z blach metalowych; zbiorniki o objętościach użytecznych  $V_u > 12$  s mogą być również żelbetowe.

**Przykład.** Obliczyć objętość zbiornika mierniczego, potrzebnego do sprawdzania wodomierzy o przepuszczalności  $Q_n = 5$  s/h.

Okres sprawdzania  $\tau$  przy  $Q_n = 5$  s/h wynosi:  $\tau = 3' = 1/20$  h.

Objętość:  $V = Q_n \cdot \tau = 5 \cdot 1/20 = 0,25$  s = 250 l.

Ponieważ  $Q_r \geq Q_n$ , przeto do wyżej obliczonej objętości doliczamy 20%; a zatem objętość użyteczna zbiornika:  
 $V_u = 300 \text{ l.}$

Wysokość użyteczna:  $h_u = 1200 \text{ mm.}$

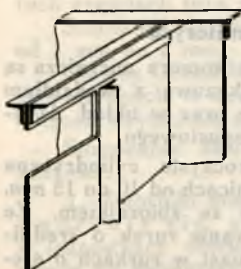
Przekrój poziomy:

$$F_h = \frac{V_u}{h_u} = \frac{300}{12} = 25 \text{ dm}^2 = 0,25 \text{ m}^2.$$

## 2. Zbiorniki żelazne

Ścianki, ograniczające komorę mierniczą, a więc ścianki zewnętrzne zbiornika oraz ścianki działowe, wykonywa się z reguły z blach żelaznych o takiej grubości i w ten sposób z sobą połączonych, by sztywność ustroju zapewniała niezależność wskazań od wysokości napełnienia zbiornika.

Grubość blach żelaznych, z których najczęściej wykonywa się zbiorniki miernicze, powinna wynosić w zbiornikach o objętości użytecznej  $V_u \leq 2 \text{ s}$ , conajmniej  $6 \text{ mm}$ , w zbiornikach o  $V_u \leq 6 \text{ s}$  conajmniej  $8 \text{ mm}$ , a w zbiornikach większych conajmniej  $10 \text{ mm}$ .



Grubość blachy, z której wykonane jest dno, powinna być o  $1 \div 2 \text{ mm}$  większa od grubości blachy, służącej do wykonania ścian bocznych

Zbiorniki żelazne mogą być nitowane lub spawane. Dotychczasowa praktyka wykazała, iż w zbiornikach nitowanych łatwiej można osiągnąć stałość przekroju poziomego na całej wysokości użytecznej zbiornika.

Rys. 3.  
Ścianka działowa zbiornika  
złożonego przelewowego  
typu PWP.

Wewnętrzne ścianki zbiorników mierniczych są malowane lub pokrywane warstwą metalu, zabezpieczającego materiał ścianek od rdzewienia.

W zbiornikach mierniczych o objętościach większych od  $1200 \text{ l}$  stosuje się pionowe usztywnienia wewnętrzne, rozmieszczone w odległościach nie większych od  $750 \text{ mm}$ , oraz poziome dźwigary dwuteowe, wzmacniające od dołu dna zbiorników. Zbiorniki cylindryczne o mniejszych objętościach użytecznych wykonywa się najczęściej łącznie z podstawą żelazną, którą można łatwo wpuścić w fundament betonowy.

## 3. Zbiorniki żelbetowe

Zbiorniki żelbetowe wykonywa się przy użyciu zaprawy betonowej, odznaczającej się po związaniu wysoką wytrzymałością, nieprzepuszczalnością i niewsiąkliwością. W razie użycia cementu portlandzkiego, ściany zbiornika pokrywa się od wewnątrz warstwą czynnika nieprzepuszczalnego i niewsiąkliwego.

Ze szczególną starannością należy wykonać obliczenia do projektu zbiornika żelbetowego, a w czasie jego wykonywania roztoczyć ścisły nadzór nad robotami. Używanie specjalnych cementów nie jest konieczne, gdy wykonywanie robót betonowych ze względu na warunki lokalne nie może odbywać się w odpowiednio szybkim tempie, stosowanie cementów szybko wiążących może dać wyniki ujemne.

W zbiornikach żelbetowych złożonych, zaopatrzonych w ściankę działową przelewową, krawędź przelewowa powinna być zaopatrzona w poziomą listwę metalową (z metalu nierdzewiejącego) z ostrą krawędzią przelewową.

Uzbrojenie (wodowskazy, skale wodowskazowe, zawory wypływowe i t. d.) zbiorników żelbetowych powinno być wykonane w sposób podobny, jak w zbiornikach metalowych. Szczególną uwagę należy zwrócić na szczelność osadzenia zaworu wypływowego wodowskazu i korka, umożliwiającego całkowite opróżnienie zbiornika.

#### 4. Uzbrojenie zbiorników mierniczych

Każdy zbiornik mierniczy wzgl. każda komora miernicza są zaopatrzone w wodowskaz, skalę wodowskazową z wodzidłem wziernikowem, zawór wypływowi w dnie oraz w układ dźwigniowy, służący do uruchomienia zaworu spustowego.

*Wodowskaz* stanowi pionowa przezroczysta cylindryczna rurka szklana, o średnicy zawartej w granicach od 10 do 15 mm, osadzona w tulejkach, złączonych trwale ze zbiornikiem. Ze względu na zjawiska włoskowatości stosowanie rurek o średnicach  $d < 10$  mm jest niewskazane. Natomiast w rurkach o średnicach  $d > 15$  mm menisk kształtuje się zbyt płasko, co zmniejsza dokładność nastawiania wodzidla wziernikowego.

Wlot przewodu, łączącego wodowskaz ze zbiornikiem, znajduje się ponad dnem, a zarazem poniżej krawędzi przelewowej zaworu wypływowego; w ten sposób osad, zbierający się na dnie zbiornika, nie zanieczyszcza szkieł wodowskazowych. Dolny uchwyt wodowskazowy jest zaopatrzony w kurek stożkowy, umożliwiający usunięcie wody z części przestrzeni martwej zbiornika, a zarazem oczyszczenie rurki wodowskazowej bez demontażu.

Całkowite opróżnienie zbiornika, a tem samem oczyszczenie dna z osadów umożliwia szczelny, nagwintowany korek, umieszczony w dnie.

*Skale wodowskazowe* są to pionowe sztywne listwy, wykonane z metalu nierdzewiejącego i zaopatrzone w kresy, nacięte lub wytrawione na całej długości użytecznej skali.

*Kresa początkowa* skali znajduje się zazwyczaj w poziomie wody martwej lub też o kilka milimetrów poniżej tej płaszczyzny. *Kresa najwyższa* skali znajduje się w odległościach nie mniej-

szych od 50 mm od górnej krawędzi zbiornika; zapobiega to rozpryskiwaniu się wody przy końcu okresu sprawdzania.

Skale powinny być osadzone na zbiorniku w sposób, zapewniający niezmienność położenia skali względem zbiornika.

Przepisy o przyborach, potrzebnych do legalizowania wodomierzy, dopuszczają skale niemianowane i mianowane w litrach wzgl. sterach.

Skalę zaopatrzoną w kresy, nacięte na całej długości użytecznej skali w odstępach równych i niezależnych od przekroju poziomego zbiornika mierniczego, nazywamy skalą niemianowaną (rys. 4).

W skalach mianowanych rozmieszczenie kres jest naogół nierównomierne, wskutek zmienności przekroju poziomego, spowodowanej niedoskonałością wykonania zbiornika; poszczególne punkty skali mianowanej odpowiadają ściśle określonym objętościom, wyrażonym w litrach, wielokrotności litra lub całkowitych częściach litra wzgl. stera.

Szerokość działki elementarnej jest zawarta w granicach od 1 mm do 2 mm.

Główny Urząd Miar zaleca stosowanie skal niemianowanych, zaopatrzonych w kresy, rozmieszczone równomiernie na całej długości użytecznej skali w odstępach 2 mm.

Stosowanie skal niemianowanych przedstawia następujące korzyści:

1. Zbiorniki miernicze, zaopatrzone w skale niemianowane wzorcuje się, a zbiorniki, zaopatrzone w skale mianowane w jednostkach objętości sprawdza się. Przy wzorcowaniu osiąga się najwyższą dokładność, zależną od stosowanej metody mierniczej, a przy sprawdzaniu stwierdza się jedynie, czy błąd wskazań nie przekracza granic dopuszczalnych. Dlatego też dokładność wskazań zbiorników, zaopatrzonych w skale niemianowane, jest większa od dokładności zbiorników, zaopatrzonych w skale objętościowe.

2. W razie trwałego odkształcenia ścian lub dna, skala niemianowana może pozostać; należy tylko zbiornik ponownie uwierzytelnić i wykonać nowe tablice redukcyjne, podające zależność pomiędzy odczytami na skali, a napełnieniami.

3. Interpolacja stanów pośrednich jest łatwiejsza.

4. Wykonanie skali niemianowanej jest mniej kłopotliwe, i wskutek tego mniej kosztowne.

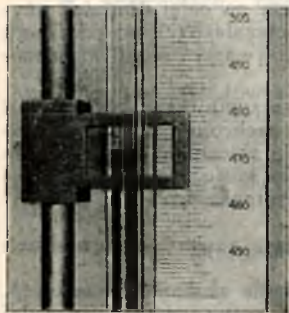
### **Wodzidła wziernikowe.**

Celem zmniejszenia optycznych błędów odczytu, jakie zachodzą przy odczytywaniu poziomów wody w zbiorniku, skale wodowskazowe są zaopatrywane w wodzidła wziernikowe, w ten sposób konstruowane, aby menisk w wodowskazie był objęty dwiema kresami poziomymi: z przodu kresą naciętą lub wytra-

wioną na przezroczystej płytce, osadzonej w okienku wziernika, z tyłu na matowej powierzchni, okalającej wodowskaz.

Rys. 4 przedstawia skalę wodowskazową wraz z wodzidłem wziernikowym w wykonaniu firmy *Polski Wodomierz* w Poznaniu.

*Wodzidło wziernikowe* jest osadzone na oddzielnej prowadnicy o przekroju kołowym. Kresy na skali są wykonane na maszynie podziałowej, a oznaczenia grawerowane. To proste urządzenie miernicze umożliwia odczytanie stanu na skali z dokładnością do 1/10 działki.



Rys. 4.  
Skala wodowskazowa wraz z wodzidłem wziernikowym typu PWP.

### Zawory wypływowe w dnie.

*Zawory wypływowe* w dnie służą do opróżniania zbiorników mierniczych. Konstrukcja ich powinna odpowiadać następującym warunkom:

1. Grzybek zaworu przy otwieraniu wzgl. zamykaniu powinien wykonywać ruchy pionowe, odłączając się lub opadając na powierzchnię doszczelniającą gniazda.

2. Grzybek zaworu powinien być uruchamiany zapomocą układu dźwigni, połączonych z sobą przegubowo wzgl. zapomocą układu, w którym niektóre dźwignie zostały zastąpione linewką metalową.

3. Grzybek zaworu powinien posiadać prowadzenie wewnętrzne lub zewnętrzne, zapewniające pionowość ruchów zaworu.

4. Powierzchnie doszczelniające zaworu mogą być płaskie lub stożkowe.

5. Gniazdo zaworu powinno być umieszczone w dnie zbiornika.

6. Doszczelnianie zaworu może się odbywać przez działanie ciężaru własnego zaworu lub też przez docisk, wywierany zapomocą układu dźwigni, służących do sterowania zaworu.

7. Zawór wypływowy w dnie powinien być okolony *tuleją cylindryczną* z brązu lub innego metalu nierdzewiejącego, zaopatrzoną w ostrą krawędź przelewową; krawędź ta powinna znajdować się ponad gniazdem zaworu, a zarazem w wysokości 40 ÷ 60 mm ponad dnem zbiornika mierniczego.

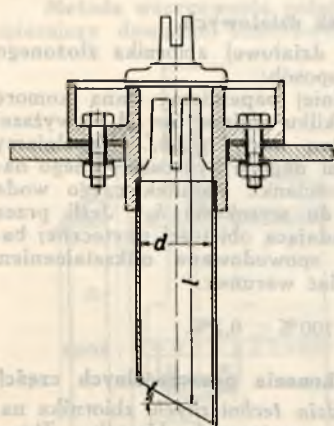
8. Zawór wypływowy w dnie powinien zapewniać bezwzględną szczelność przy każdym napełnieniu zbiornika.

Szczelność zaworu wypływowego w dnie może być osiągnięta przez styk dwu starannie oszlifowanych i dotartych do siebie powierzchni metalowych grzybka i gniazda zaworu lub też za-

pomocą uszczelki gumowej lub skórzanej, przytwierdzonej do powierzchni czynnej zaworu.

Rys. 5 przedstawia zawór wypływowy w dnie typu PWP. Organem zamykającym zaworu jest grzybek talerzowy o płaskiej powierzchni doszczelniającej z dolnym prowadzeniem żeberkowem. Zawór jest okolony brązową tuleją cylindryczną, zaopatrzoną w ostrą krawędź przelewową.

Średnica zaworu w zbiornikach o objętości użytecznej 300 l wynosi 50 mm, w zbiornikach 600 l — 80 mm, w zbiornikach 1200 l — 100 mm, a w zbiornikach większych rozmiarów od 100 ÷ 150 mm, przyczem w jednej komorze mierniczej można stosować jeden lub dwa zawory wypływowe.



Rys. 5.

Zawór wypływowy w dnie typu PWP.

Wylot pionowej przystawki, odprowadzającej wodę ze zbiornika mierniczego do kanału ściekowego, jest widoczny, tak iż przy sprawdzaniu można się naczyniowo przekonać o szczelności zaworu. Wylot przystawki jest ścięty pod kątem 30°, by umożliwić doprowadzanie zbiornika w ciągu całej serji pomiarowej do normalnego stanu wykroplenia.

Średnica wewnętrzna przystawki pionowej powinna być równa średnicy wewnętrznej zaworu wypływowego w dnie.

Długość przystawki pionowej powinna być zawarta w granicach, określonych nierównością:

$$2,5 d \leq l \leq 5 d,$$

w której  $d$  oznacza średnicę wewnętrzną, a  $l$  długość przystawki, mierzoną od krawędzi doszczelniającej gniazda zaworu.

## 5. Oględziny techniczne zbiorników mierniczych

Oględziny techniczne zbiorników mierniczych należy przeprowadzać przed zgłoszeniem ich do uwierzytelnienia. Oględziny techniczne powinny obejmować następujące czynności:

a) badanie szczelności zbiorników (ścianki zewnętrzne, a przede wszystkim ściana działowa) i zaworów wypływowych w dnie,

b) badanie sztywności ścianek działowych,

c) badanie dokładności wykonania wszystkich części składowych zbiornika mierniczego.

### a) Badanie szczelności zbiorników.

Zbiorniki (w zbiornikach złożonych co drugą komorę mierniczą) napełniamy wodą do najwyższego poziomu, jaki można na skali wodowskazowej odczytać i odnotowujemy poziom. Niezmiennosc poziomu wody w komorze świadczy o szczelności ograniczających ją ścianek, a zarazem o szczelności zaworu.

Badanie szczelności zaworów wypływowych należy ponadto przeprowadzić przy napełnieniach, odpowiadających połowie i 1/4 wysokości użytecznej skali.

### b) Badanie sztywności ścianek działowych.

Badanie sztywności ścianki działowej zbiornika złożonego przeprowadzamy w następujący sposób:

Przy pustej komorze sąsiedniej napełniamy daną komorę do kresy, położonej w odległości kilku milimetrów od najwyższej kreski na skali i odczytujemy stan wody np.  $h_1$ . Napełniamy komorę sąsiednią. Pod wpływem naporu hydrostatycznego następuje sprężyste odkształcenie ścianki, wskutek czego woda w danej komorze podnosi się do wysokości  $h_2$ . Jeśli przez  $h$  oznaczymy wysokość, odpowiadającą objętości użytecznej badanej komory, to uchybienie, spowodowane odkształceniem ścianki działowej, powinno spełniać warunek:

$$\varepsilon = \frac{h_2 - h_1}{h} \cdot 100\% \leq 0,2\%.$$

### c) Badanie dokładności wykonania poszczególnych części.

W czasie dokonywania *ogłędzin technicznych* zbiornika należy sprawdzić: 1. stan ścianek wewnętrznych zbiornika. Zbiornik powinien być pomalowany w ten sposób, by warstewka zabezpieczająca jego ścianki przed rdzewieniem, przy prawidłowym używaniu zbiornika, nie uległa uszkodzeniu przez okres pięcioletni (okres ważności uwierzytelnienia), 2. prawidłowość wykonania zaworu wypływowego w dnie, a w szczególności powierzchni wzgl. krawędzi doszczelniających, 3. prawidłowość osadzenia zaworu wypływowego w dnie (krawędź przelewowa tulei, okalającej zawór, powinna leżeć w płaszczyźnie poziomej), 4. prawidłowość montażu rurek wodowskazowych, skal, dźwigni do uruchamiania zaworów wypływowych i t. d., 5. prawidłowość osadzenia zbiornika mierniczego na podstawie.

## 6. Wzorcowanie zbiorników miernicznych

Przybory, potrzebne do sprawdzania wodomierzy, a więc przede wszystkim zbiorniki mierniczne, uwierzytelnia Główny Urząd Miar.

Uwierzytelnienie zbiorników miernicznych polega na ich wzorcowaniu wzgl. sprawdzeniu oraz na zabezpieczeniu układu skali wodowskazowej względem zbiornika cechami legalizacyjnymi.

Zbiorniki miernicze, zaopatrzone w *skale mianowane* sprawdzamy, a zbiorniki, zaopatrzone w *skale niemianowane* wzorcujemy.

Ponieważ w Polsce są wykonywane wyłącznie zbiorniki ze *skalami niemianowanymi*, przeto ograniczymy się do opisu wzorcowania zbiorników.

Zbiorniki miernicze wzorcuje się przy pomocy *kolb mierniczych metalowych* o objętościach: 100, 50, 20, 10 i 5 l, opisanych w POM poz. 3, 448/2.

Rys. 6 przedstawia schemat kolby mierniczej o objętości 250 l.

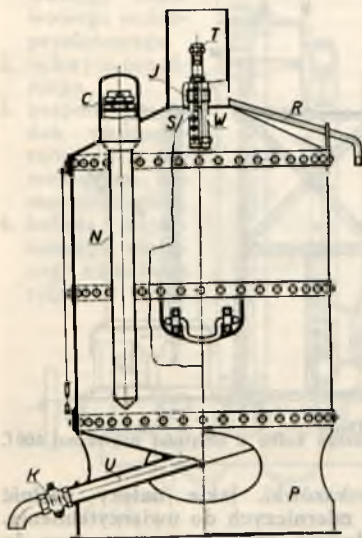
**Metoda wzorcowania** polega na tem, iż napełniamy zbiornik mierniczy dawkami stultitrowemi i odczytujemy stany na skali, odpowiadające kolejno napełnieniom 0, 100, 200, 300 l, i t. d. Punkty skali, opowiadające objętościom 0 l, 100 l, 200 l, i t. d. nazywamy *punktami zasadniczymi skali*. Tę serję pomiarową powtarzamy co najmniej dwukrotnie i przyjmujemy średnie arytmetyczne otrzymanych wyników za wyniki ostateczne.

W zbiornikach mierniczych o objętościach mniejszych od 1200 l wyznacza się ponadto punkty pośrednie zapomocą kolb mierniczych o objętościach mniejszych. Przy wzorcowaniu zbiorników o objętości użytecznej  $V_u = 300$  l używa się kolb 20 l, a przy wzorcowaniu zbiorników o objętościach  $300 \text{ l} < V_u < 1200 \text{ l}$  — kolb mierniczych 50 l.

Na podstawie otrzymanych wyników zestawiamy *tablice redukcyjne*, podające zależność stanów napełnienia w litrach lub sterach od stanów napełnienia.

Przy wzorcowaniu zbiorników większych rozmiarów używamy kolb mierniczych o objętościach użytecznych 250 l i 500 l.

Rys. 7 przedstawia schemat wzorcowania zbiornika mierniczego. Kolba miernicza znajduje się na pomoście drewnianym P, ustawionym przy zbiorniku miernicznym Z. Powierzchnia pomostu znajduje się w wysokości krawędzi górnej zbiornika mierniczego. Zasilanie kolby mierniczej odbywa się przy pomocy węża gumowego W, w którego ciąg wstawiono wodomierz W.



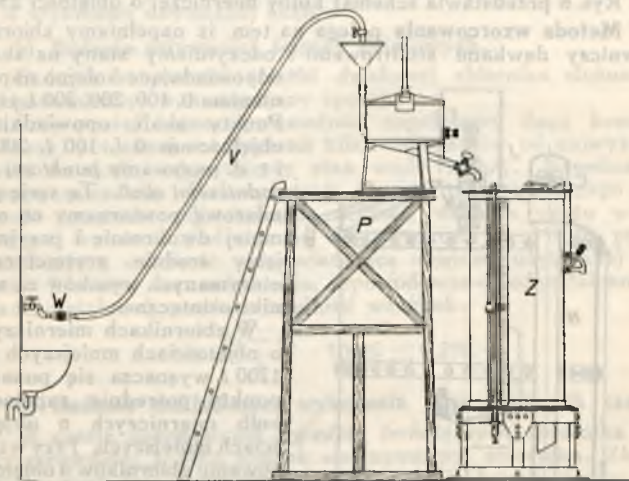
Rys. 6.

Metalowa kolba miernicza PWP  
o objętości użytecznej 250 l.



Koniec węża jest zaopatrzony w kurek czerpalny, umożliwiający momentalne zamknięcie wypływu wody. Przy wzorcowaniu większych zbiorników pomosty drewniane można układać bezpośrednio na zbiornikach; wówczas jednakże należy na pomost nałożyć płachtę nieprzemakalną, zabezpieczającą zbiornik przed przelaniem.

Instrukcja o sposobie sprawdzania przyborów, potrzebnych do legalizowania przepływomierzy wodociągowych (POM poz.



Rys. 7.

Schemat wzorcowania zbiornika mierniczego kolbą o objętości użytecznej 100 l.

3,749) zawiera szczegółowe wskazówki, jakie należy spełnić przed zgłoszeniem zbiorników mierniczych do uwierzytelnienia.

Okres ważności uwierzytelnienia zbiorników trwa trzy do pięciu lat, zależnie od obciążenia pracowni sprawdzania wodomierzy.

## II. Stoły miernicze

*Stołem mierniczym* nazywamy oparty na podstawie żelaznej wzgl. na prowadnicach układ, złożony z przewodów, zaopatrzonych w zawory dopływowy i odpływowy (regulacyjny), z uchwytów z nasadkami wzgl. łączników redukcyjnych, umożliwiających zamocowanie wodomierza w ciągu wodnym i zaopatrzonych w organy do odbioru ciśnienia przed i poza wodomierzem.

*Stoły miernicze*, przeznaczone do sprawdzania wodomierzy, dzielimy na dwie grupy:

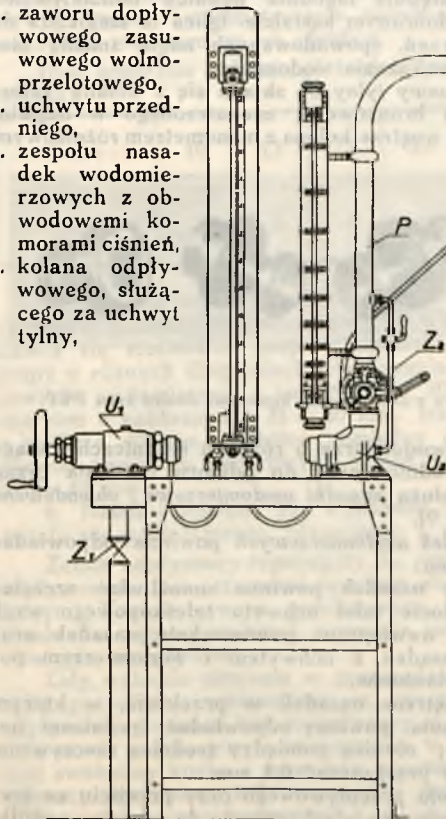
1. stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy o przepuszczalnościach  $Q_n \leq 20 \text{ s/h}$ , zaopatrzonych w króćce gwintowane,

2. stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów ( $Q_n > 20 \text{ s/h}$ ,  $d_n > 40 \text{ mm}$ ), zaopatrzonych w kołnierze.

### 1. Stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy mniejszych rozmiarów

Stół mierniczy do sprawdzania wodomierzy o średnicach nominalnych  $d_n \leq 40 \text{ mm}$  ( $Q_n \leq 20 \text{ s/h}$ ), składa się z:

1. zaworu dopływowego zasuwowego wolno-przelotowego,
2. uchwyty przedniego,
3. zespołu nasadek wodomierzowych z obwodowymi komorami ciśnienia,
4. kolana odpływowego, służącego za uchwyt tylny,



5. zaworu regulacyjnego stożkowego,
6. przewodu odpływowego,
7. uchwyty, umożliwiające zamocowanie dysz przepływowych wzgl. wypływowych.

Rys. 8 przedstawia szkic stołu mierniczego do sprawdzania pojedynczego wodomierzy mniejszych rozmiarów, w wykonaniu firmy *Polski Wodomierz*.

W pionowym przewodzie do-

Rys. 8.  
Stół mierniczy typu PWP do sprawdzania pojedynczego wodomierzy o średnicach  $d_n \leq 40 \text{ mm}$ .

plywowym jest umieszczony zawór dopływowy wolnoprzelotowy  $Z_1$ , umożliwiającą całkowite wyzyskanie swobodnego przekroju przepływowego i powodujący minimalne straty hydrauliczne. Przejście z kierunku pionowego w poziomy następuje w *uchwycie teleskopowym*  $U_1$ , składającym się z żeliwnego korpusu, przytwierdzonego do stołu oraz z ruchomej tulei brązowej o wysuwie roboczym około 80 mm, zaopatrzonej w otwór nagwintowany, łączący uchwyt z manometrem różnicowym. Woda wpływa do tulei przez szereg otworów, rozmieszczonych na jej obwodzie. Zmiana kierunku następuje łagodnie wskutek oddziaływania iglicy o odpowiednio dobranym kształcie. Iglica ta zmniejsza do minimum wpływ zaburzeń, spowodowanych nagłą zmianą kierunku przepływu, na wskazania wodomierza.

*Uchwyt wodomierzowy tylny*  $U_2$  składa się z kolana żeliwnego oraz pierścienia brązowego, zaopatrzonego w nagwintowany otwór, łączący wewnątrz kolana z manometrem różnicowym.



Rys. 9.  
Nasadki wodomierzowe z obwodowymi komorami ciśnieni typu PWP.

Do zamocowania wodomierzy o różnych średnicach w ciągu mierniczym o stałej średnicy oraz do odbioru ciśnienia przed i poza wodomierzem służą *nasadki wodomierzowe z obwodowymi komorami ciśnieni* (rys. 9).

Konstrukcja *nasadek wodomierzowych* powinna odpowiadać następującym warunkom:

1. Ukształtowanie nasadek powinno umożliwiać szczelne ich osadzenie na wylocie tulei uchwytu teleskopowego wzgl. kolana odpływowego; wewnętrzne powierzchnie nasadek oraz powierzchnie styku nasadek z uchwytem i wodomierzem powinny być starannie obrobione.

2. Średnice wewnętrzne nasadek w przekroju, w którym następuje odbiór ciśnienia, powinny odpowiadać średnicom nominalnym wodomierzy; różnica pomiędzy średnicą rzeczywistą, a nominalną, nie może przekraczać 0,1 mm.

3. Zmiana przekroju przepływowego przy przejściu ze średnicy tulei ruchomej uchwytu teleskopowego do średnicy nasadki

<sup>1)</sup> *Troskoleński A. T.*, inż.-mech., „O prawidłowym odbiorze ciśnienia w układach, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy.” *Gaz i Woda*, tom XII, str. 311—322. Kraków 1932.

powinna odbywać się w sposób łagodny, przyczem wewnętrzna powierzchnia nasadki powinna posiadać kształt dyszy.

4. Nasadki wodomierzowe wraz z tulejami uchwytów powinny tworzyć *obwodowe komory ciśnień*, stanowiące obszar stojący na pograniczu obszaru kinetycznego, ożywionego prądem, i obszaru statycznego manometru. Na obwodzie ścianki, oddzielającej obwodową komorę ciśnienia od wnętrza nasadki, powinno się znajdować szereg otworów o średnicy  $3 \div 5$  mm. Krawędzie otworków, łączących wnętrze nasadki z obwodową komorą ciśnienia, należy lekko od wewnątrz zaokrąglić, by zmniejszyć do granic hydrometrycznie niewyczuwalnych błędy, spowodowane różnicami w ich obróbce.

Ilość otworków zależnie od średnicy nasadki podaje poniższa tabelka:

<i>d mm</i>	10	13	15	20	25	30	40
<i>n</i>	3	4	4	6	6	6	8

5. Długości *nasadek wodomierzowych* powinny być ustalone przy uwzględnieniu zmienności długości wbudowania wodomierzy. Zaleca się stosowanie zespołu nasadek podzielonych na trzy grupy o różnych długościach wbudowania. Pierwsza grupa odpowiada wodomierzom o kalibrze  $d \leq 20$  mm, druga — wodomierzom o kalibrze  $d = 25 \div 30$  mm, trzecia — wodomierzom o kalibrze 40 mm. Różnice pomiędzy długościami łączników, przynależnych do powyższych trzech grup, powinny wynosić około 40 mm.

6. Nasadki powinny być wykonane z brązu, lub też innego metalu nie podlegającego rdzewieniu i odpowiednio twardego.

*Zawór odpływowy regulacyjny*  $Z_2$ , umieszczony nad kolaniem odpływowym, jest zazwyczaj zaworem stożkowym o otworze sercowym. Kształt otworu przelotowego oraz napęd zapomocą przekładni zębatej czołowej, zapewnia możliwość subtelnego nastawiania przepływów.

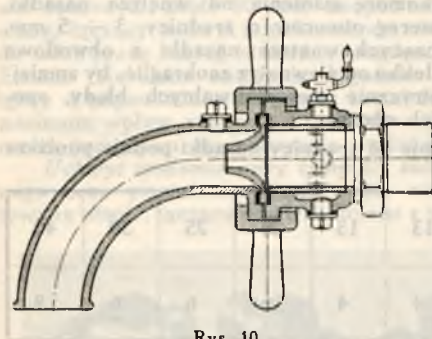
Gdy wahania ciśnienia w przewodach, zasilających pracownię sprawdzania wodomierzy są znaczne, wówczas przewód odpływowy powinien być zaopatrzony w *rukę upustową*, okalającą zawór regulacyjny i zaopatrzoną w kurek stożkowy. Przekrój swobodny kurka i przewodu upustowego powinien być tak dobrany, by można było wyrównać najłżejsze wahania słupa rtęci w manometrze nastawnym.

W najwyższym punkcie przewodu odpływowego jest umieszczony *kurek odpowietrzający*  $K$ , umożliwiający usunięcie powietrza z przewodu.

Przewód odpływowy może być zaopatrzony w uchwyt do osadzania *dysz przepływowych* lub *odpływowych*.

Rys. 10 przedstawia *uchwyt dyszowy* do zamocowywania *dysz wypływowych o osi poziomej*, typu PWP.

*Uchwyt dyszowy* typu PWP umożliwia pomiar całkowitej wysokości ciśnienia, odpowiadającej prędkości wypływu z poziomej dyszy; konstrukcja uchwytu jest zatem zgodna z zasadą wyznaczania natężenia przepływu na podstawie pomiaru wysokości ciśnienia przed dyszą. Ponadto uchwyt tego typu posiada następujące zalety:



Rys. 10.

Uchwyt do osadzania dysz wypływowych typu PWP.

1. odbiór ciśnienia następuje za pośrednictwem obwodowej komory ciśnienia, a zatem wysokość ciśnienia, odczytana na manometrze odpowiada ciśnieniu, panującemu przed dyszą,

2. wyrównywanie się ciśnień, jakie zachodzi w dyszach przepływowych wskutek założenia uszczelki o niewłaściwej grubości lub też wskutek wgniecenia uszczelki jest w tej konstrukcji wyłączone,

3. energia kinetyczna wypływającego strumienia zostaje częściowo zniszczona przez uderzenie strumienia o ścianę wewnętrzną kolana wypływowego, co jest szczególnie ważne w chwili rozpoczęcia pomiaru przy całkowicie opróżnionym zbiorniku mierniczym,

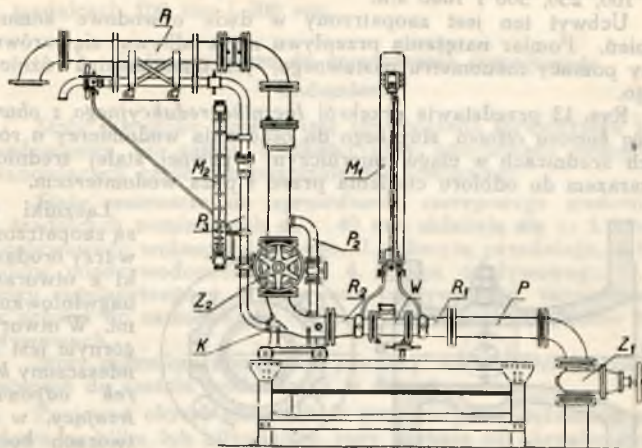
4. nawet przy stosowaniu dysz mierniczych o znacznych przepuszczalnościach, a zatem o dużych otworach przelotowych, w górnej części przewodu mierniczego pozostaje woda po zamknięciu zaworu regulacyjnego, tak iż niemal po zakończeniu pomiaru można odczytać stan wody w zbiorniku mierniczym.

W dawniejszych układach stosowano *dysze wypływowe o osi pionowej*, osadzone w *uchwycie bagnetowym* lub też *główce rewolwerowej*, zaopatrzone w szereg dysz wypływowych o różnych przepuszczalnościach.

## 2. Stoły miernicze do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów

*Stół mierniczy* do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów ( $d_n > 40 \text{ mm}$ ,  $Q_n > 20 \text{ s/h}$ ), składa się z:

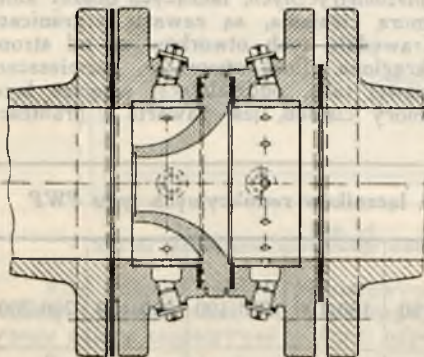
1. zaworu dopływowego zasuwowego, 2. prostki rurowej o długości  $l \geq 2,5 d$ , zaopatrzonej w kierownicę strumienia,
3. zespołów łączników redukcyjnych z obwodowymi komorami



Rys. 11.

Stół mierniczy do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów typu PWP.

4. kolana odpływowego ruchomego, 5. zaworu regulacyjnego zasuwowego, zaopatrzonego we wrzeciono o stromym gwincie, 6. przewodu odpływowego, 7. przewodu upustowego,



Rys. 12.

Uchwyt do osadzania dysz mierniczych o większych przepuszczalnościach typu PWP.

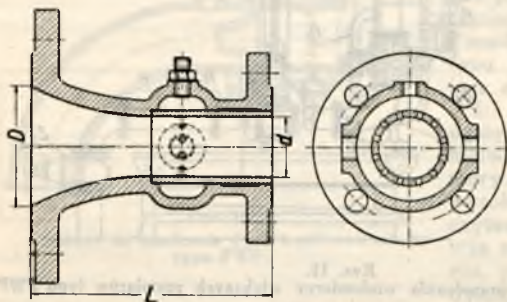
okalającego zawór regulacyjny i zaopatrzonego w zawór stożkowy do subtelniejszego nastawiania przepływów, 8. odgałęzienia o średnicy  $40 \div 50$  mm, zaopatrzonego w zawór regulacyjny i uchwyt dyszowy.

Rys. 11 przedstawia schemat stołu mierniczego typu PWP, służącego do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów.

Główny przewód odpływowy stołu do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów jest zaopatrzone w *uchwyt do osadzania dysz przepływowych* (rys. 12) o przepuszczalnościach: 50, 100, 250, 500 i 1000 s/h.

Uchwyt ten jest zaopatrzone w dwie obwodowe komory ciśnień. Pomiar natężenia przepływu może odbywać się zarówno przy pomocy manometru nastawnego, jak i manometru różnicowego.

Rys. 13 przedstawia przekrój *łącznika redukcyjnego z obwodową komorą ciśnień*, służącego do osadzania wodomierzy o różnych średnicach w ciągu mierniczym o pewnej stałej średnicy, a zarazem do odbioru ciśnienia przed i poza wodomierzem.



Rys. 13.

Łącznik redukcyjny z obwodową komorą ciśnień.

Łączniki te są zaopatrzone w trzy brodawki z otworami nagwintowanymi. W otworze górnym jest umieszczony *kurtek odpowietrzający*, w otworach bocznych – kurki odcinające połączenie łącznika redukcyjnego z manometrem.

Średnice *otworów piezometrycznych*, łączących obszar kinetyczny z obwodową komorą ciśnienia, są zawarte w granicach od 5 mm do 8 mm. Krawędzie tych otworów są od strony wewnętrznej lekko zaokrąglone. Ilość otworów, rozmieszczonych na obwodzie brązowej tulei, oddzielającej wewnątrz łącznika od obwodowej komory ciśnień, jest zawarta w granicach od 12 do 24.

#### Długość wbudowania łączników redukcyjnych typu PWP

Średnica nominalna mm	100/50	100/80	100/100	200/100	200/150	200/200
Długość mm	200	175	175	250	250	220

Długość łączników wodomierzowych jest zależna od średnicy przewodu mierniczego oraz od stosunku średnic na wlocie i wylocie łącznika. Powyższa tablica podaje długości wbudowania łączników redukcyjnych typu PWP dla stołów mierniczych o średnicach 100 mm i 200 mm.

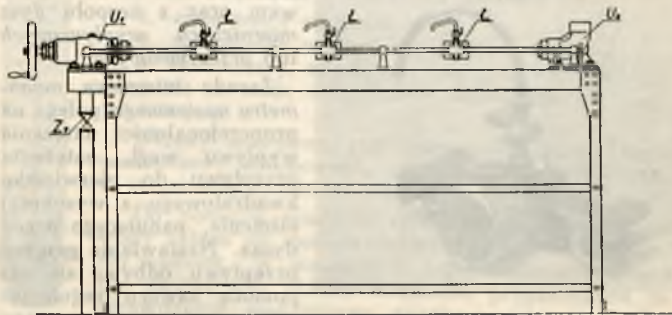
### 3. Stoły miernicze do sprawdzania szeregowego wodomierzy

*Stoły szeregowe* umożliwiają równoczesne sprawdzanie kilku wodomierzy tej samej wielkości przy natężeniach przepływu, stanowiących część przepuszczalności nominalnej.

*Stoły miernicze do sprawdzania szeregowego wodomierzy* o średnicach nominalnych  $d_n \leq 40$  mm składają się z: 1. zaworu dopływowego wolnoprzelotowego, 2. uchwytu przedniego, 3. łączników międzywodomierzowych, 4. kolana odpływowego, 5. zaworu regulacyjnego i 6. przewodu odpływowego, zaopatrzonego w uchwyt do zamocowania dysz wypływowych względnie przepływowych.

Stoły miernicze szeregowe powinny umożliwiać wstawienie czterech do sześciu wodomierzy w szereg.

Ponieważ okresy sprawdzania przy małych natężeniach przepływu są kilka lub kilkanaście razy większe od okresów sprawdzania przy pełnym obciążeniu, szeregowe włączanie wodomierzy podnosi w sposób wydatny sprawność stacji wodomierzowej.



Rys. 14.

Stół do sprawdzania szeregowego wodomierzy typu PWP.

Aby uniknąć błędów pomiarowych, spowodowanych trudnością odpowietrzenia ciągu wodnego, łączniki międzywodomierzowe należy zaopatrywać w kurki odpowietrzające.

Rys. 14 przedstawia stół do sprawdzania szeregowego wodomierzy typu PWP, umożliwiający równoczesne włączenie czterech wodomierzy.



Rys. 15 przedstawia łącznik międzywodomierzowy specjalnej konstrukcji, wykonany przez firmę *Polski Wodomierz dla Laboratorium wodomierzowego w Głównym Urzędzie Miar*.

### III. Przyrządy miernicze pomocnicze

*Stacje wodomierzowe* powinny być zaopatrzone w następujące przybory pomocnicze:

1. *manometry*, służące do pomiaru ciśnienia dopływowego względnie odpływowego (przed i za wodomierzem),
2. *manometry różnicowe*, służące do pomiaru spadku ciśnienia w obrębie wodomierza,
3. *przyrządy do pomiaru natężenia przepływu*,
4. *sekundomierze*,
5. *termometry* do pomiaru temperatury wody i temperatury otoczenia,
6. *suwak logarytmiczny*, możliwie najprostszej konstrukcji.

#### 1. Urządzenia do pomiaru natężenia przepływu

Przyrządy do pomiaru natężenia przepływu w stołach mierniczych składają się z t. zw. *manometrów nastawnych* o napełnieniu wodnym lub rtęciowym oraz z zespołu *dysz mierniczych wypływowych* lub *przepływowych*.



Rys. 15.

Łącznik międzywodomierzowy typu PWP specjalnej konstrukcji.

Zasada miernicza *manometru nastawnego* polega na proporcjonalności natężenia wypływu wzgl. natężenia przepływu do pierwiastka kwadratowego z wysokości ciśnienia, panującego przed dyszą. Nastawianie natężeń przepływu odbywa się za pomocą zaworu regulacyjnego, umieszczonego poza wodomierzem, tak iż w czasie sprawdzania wodomierz pracuje pod maksymalnym, osiągalnym w danych warunkach ciśnieniem. Wskazania manometru nastawnego są niezależne od wysokości ciśnienia dopływowego; gdy ciśnienie rośnie, wówczas przymyka się zawór regulacyjny, gdy ciśnienie maleje, zawór otwiera się, by osiągnąć żądane natężenia przepływu. Wskazania manometru są również niezależne od wielkości sprawdzanego wodomierza.

Rys. 16 przedstawia *manometr nastawny rłęciowy* typu PWP. Manometr ten jest zaopatrzony w rurkę szklaną oraz w skalę z dwiema podziałkami o obszarach mierniczych od 0 do 100 l/h i od 0 do 250 l/h.



Manometr ten jest zaopatrzony w zespół *dysz mierniczych* o przepuszczalnościach: 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000 i 25000 l/h. Powyższy zespół dysz (rys. 17) umożliwia dokładny pomiar natężeń przepływu w granicach od 25 l/h do 25000 l/h.

Odcinki, odpowiadające przenikaniu się obszarów mierniczych poszczególnych dysz mierniczych, wynoszą 1/4 wzgl. 1/6,25 część wysokości użytecznej skali manometru. Dzięki powyższemu racjonalnemu doborowi dysz urządzenia tego typu przewyższają znacznie manometry zagraniczne, w których odcinki, odpowiadające przenikaniu się poszczególnych obszarów mierniczych, są wielokrotnie mniejsze.

Wyżej opisane urządzenia umożliwiają pomiar natężeń przepływu z dokładnością nie mniejszą od  $\pm 3\%$ .

## 2. Manometry różnicowe

*Manometry różnicowe*, służące do pomiaru spadku ciśnienia w obrębie wodomierza dzielimy na:

1. manometry rłęciowe,
2. manometry wodne,
3. manometry, napełnione cieczami nie mieszającymi się z wodą o specjalnie dobranych ciężarach właściwych.

Układy miernicze, przeznaczone do sprawdzania wodomierzy silnikowych, powinny być zaopatrzone w *manometry różnicowe rłęciowe*.

Do pomiaru spadków ciśnienia  $\Delta h \leq 1 m$  słupa wody zaleca się stosowanie *manometrów o napełnieniu wodnym*. W manometry tego systemu powinny być zaopatrzone układy miernicze, przeznaczone do sprawdzania wodomierzy zwężkowych oraz wodomierzy śrubowych pojedynczych.

Manometry różnicowe mogą być zaopatrzone w jedną lub dwie rurki szklane. Manometry, zaopatrzone w jedną rurkę szklaną, nazywamy *manometrami jednoramiennymi*, manometry, zaopatrzone w dwie rurki szklane, — *dwuramiennymi*.

*Manometry rłęciowe różnicowe*, stosowane w praktyce wodomierzowej, posiadają obszar mierniczy, odpowiadający 12 m słupa wody. Są to najczęściej manometry jednoramienne.

Rys. 16.  
Manometr  
rłęciowy na-  
stawny typu  
PWP.

Działki manometru różnicowego rtęciowego jednoramiennego, powinny być ustalone na podstawie wzoru<sup>1)</sup>:

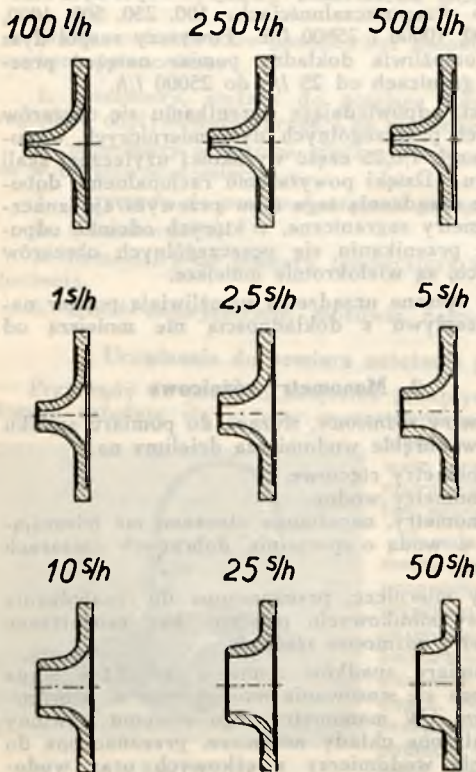
$$\Delta z_{\text{mm}} = \frac{79,62}{1 + \psi} \Delta h_{\text{m}}$$

w którym działki  $\Delta z$  na skali manometru wyrażono w mm, a spadek ciśnienia  $\Delta h$  w metrach słupa wody. Wyróżnik konstrukcyjny manometru

$$\psi = \frac{f}{F}$$

wyraża się stosunkiem wewnętrznego przekroju rurki manometrycznej do wewnętrznego przekroju zbiorniczka z rtęcią.

Rys. 18 przedstawia manometr różnicowy rtęciowy typu PWP o obszarze mierniczym od 0 do 12 m słupa wody. Odstęp dwu sąsiednich kresów odpowiada 0,1 m słupa wody. Skala manometru jest przesuwalna, co posiada dla praktyki duże znaczenie. W razie zmniejszenia się zawartości rtęci w manometrze, przesuwa się niecoskalę, by punkt zerowy wpadł w płaszczyznę poziomą,



Rys. 17.

Zespol dysz mierniczych wpływowych typu PWP.

przechodzącą przez wierzchołek menisku. Ponieważ wskazania manometru zależą od stosunku przekrojów  $f/F$  przeto na skalach

<sup>1)</sup> Inż. A. T. Troskoleński: „O podstawach teoretycznych konstrukcji manometrów rtęciowych różnicowych, stosowanych w praktyce wodomierzowej”. Gaz i Woda, tom X, str. 137—140. Kraków 1930. — Uzupełnienie. Gaz i Woda, tom XII, str. 25—26. Kraków 1932.

manometrów różnicowych są podawane średnice wewnętrzne rurki manometrycznej. Gdy średnica nominalna rurki manometrycznej nie jest znana, wówczas należy zmierzyć wielkość przekroju zbiorniczka z rtęcią  $F$ , a średnicę rurki manometrycznej obliczyć z wzoru:

$$d \text{ mm} = \sqrt{\frac{4F}{\pi} \cdot \left( 79,62 \cdot \frac{\Delta h}{\Delta z} - 1 \right)},$$

w którym  $F$  należy wyrazić w  $\text{mm}^2$ ,  $\Delta h$  w  $m$ , a  $\Delta z$  w  $\text{mm}$ .

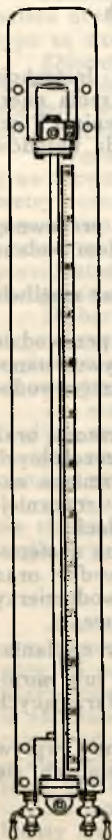
Działki  $\Delta z$  manometru dwuramiennego, odpowiadające pewnym spadkom ciśnienia  $\Delta h$ , powinny być obliczone z wzoru:

$$\Delta z_{\text{mm}} = 79,62 \Delta h_m,$$

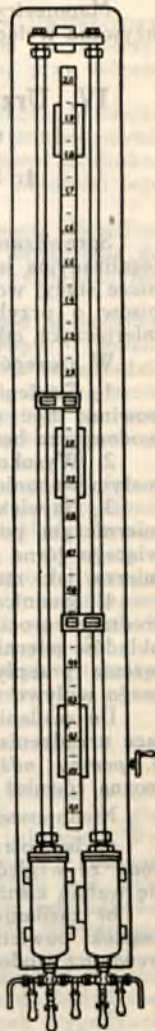
w którym działki  $\Delta z$  wyrażono w  $\text{mm}$ , a spadek ciśnienia  $\Delta h$  w metrach słupa wody.

Manometry różnicowe wodne składają się z dwu rurek szklanych, napełnionych częściowo (u dołu) wodą, częściowo (u góry) powietrzem. Jedna rurka połączona jest z obszarem wyższego, druga z obszarem niższego ciśnienia. U góry obie rurki przechodzą w jedną rurkę zaopatrzoną w kurek odpowietrzający; u dołu połączone są przewodem w którym znajduje się kurek wyrównawczy. Zasada działania manometru polega na zjawisku ściśłości powietrza w rurkach manometrycznych. Ponieważ objętości powietrza, zawarte w rurkach manometrycznych ponad słupami wody, są odwrotnie proporcjonalne do ciśnień, przeto różnica ciśnień pomiędzy wysokościami słupa wody w manometrze odpowiada spadkowi ciśnienia, mierzonemu przez manometr.

Rys. 19 przedstawia manometr różnicowy wodny typu PWP o obszarze mierniczym od 0 do 2 m słupa wody. Działka elementarna manometru wynosi 2 mm. Oznaczenia na skali są podawane co 10 kres. Manometr jest zaopatrzony w dwa wódzidla wzięnikowe.



Rys. 18.  
Manometr różnicowy rtęciowy typu PWP.



Rys. 19.  
Manometr różnicowy wodny typu PWP.

Manometry różnicowe, napełnione cieczami specjalnymi, są używane wyłącznie w pomiarach o charakterze naukowym.

## IV. Urządzenia zasilające układy miernicze do sprawdzania wodomierzy

### 1. Sposoby zasilania układów mierniczych do sprawdzania wodomierzy

Sprawdzanie wodomierzy w sposób zgodny z Instrukcją legalizacyjną jest możliwe tylko wówczas, gdy urządzenia miernicze stacji wodomierzowych odpowiadają postanowieniom Przepisów o przyborach, a zarazem gdy zasilanie wodą układów mierniczych odbywa się w sposób właściwy.

W szczególności:

1. Ciśnienie, panujące w przewodzie zasilającym pracownię, powinno być większe lub równe ciśnieniu, pod jakim badane wodomierze będą w sieci pracować.

2. Wysokość ciśnienia dopływowego powinna ulegać możliwie małym wahaniom.

3. Największe natężenie przepływu, osiągalne w przewodzie mierniczym, powinno być większe od natężenia przepływu, stanowiącego górną granicę obszaru mierniczego największego wodomierza, jaki ma być w danej stacji sprawdzany.

4. Średnica rurociągu zasilającego stację wodomierzową oraz średnice rurociągów, doprowadzających wodę do poszczególnych układów mierniczych, powinny być tak dobrane, by zmiana natężenia przepływu w jednym układzie nie wywierała znaczącego wpływu na warunki przepływu w innych układach.

Do zasilania stacji wodomierzowych są stosowane następujące urządzenia: 1. *zbiorniki ciśnień*, 2. *akumulatory wodne*, oraz 3. *pompy odśrodkowe*. Pracownie sprawdzania wodomierzy można również zasiląć bezpośrednio z *sieci wodociągowej*.

Niedopuszczalne są natomiast następujące sposoby zasilania:

a) bezpośrednie zasilanie przez *pompy tłokowe* lub *nurnikowe* ze względu na szkodliwy wpływ okresowo powtarzających się wahań ciśnienia, oraz

b) zasilanie z *hydroforów*, ze względu na ujemny wpływ cząstek powietrza, zawartych w wodzie i wyzwalających się wewnątrz wodomierza w czasie jego sprawdzania.

### 2. Zbiorniki ciśnień

Najlepsze warunki zasilania układów mierniczych do sprawdzania wodomierzy można osiągnąć, umieszczając stację wodomierzową w pobliżu *zbiornika ciśnień* (zbiornika górnego, grawitacyjnego).

*Zbiornikiem ciśnien* nazywamy otwarty zbiornik, umieszczony w takiej wysokości ponad pracownią sprawdzania wodomierzy, by ciśnienie rozporządzalne odpowiadało ciśnieniu, przy którym wodomierze mają być sprawdzane.

*Zbiorniki ciśnien* dzielimy na: zbiorniki pojedyncze, zbiorniki z krawędzią przelewową oraz zbiorniki z korytami przelewowymi.

*Zbiornik ciśnien z korytami przelewowymi* stanowi najdoskonalwsze urządzenie zasilające laboratorium wodne. Zbiorniki tego typu są stosowane w laboratoriach naukowych.

*Zbiorniki ciśnien* napełnia się przy pomocy pomp odśrodkowych. Zbiorniki te powinny być zaopatrzone w urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia oraz w urządzenia sygnalizacyjne, zabezpieczające przed przelaniem.

*Urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia* zbiorników grawitacyjnych dzielą się na cztery zasadnicze grupy: 1. manometry różnicowe oraz przyrządy wskazujące, oparte na zasadzie manometru różnicowego, 2. urządzenia pływakowe, 3. urządzenia pneumatyczne, 4. urządzenia, których zasada polega na proporcjonalności wysokości napełnienia do oporu elektrycznego nadajnika, wstawionego w zbiornik.

Najbardziej rozpowszechnione w praktyce są urządzenia pływakowe, najbardziej niezawodne w działaniu są urządzenia z elektrycznymi nadajnikami oporowymi, a najdokładniejsze — manometry różnicowe.

Ze względu na możliwość powstawania systematycznych błędów, spowodowanych nieuszczelnieniami i skrapianiem się pary wodnej, *urządzenia pneumatyczne* nie powinny być stosowane do pomiaru wysokości napełnienia zbiorników grawitacyjnych.

Aby uniknąć przelania się zbiornika grawitacyjnego zaleca się stosowanie automatycznych urządzeń do sterowania pomp, zasilających zbiorniki górne.

### 3. Akumulatory wodne

*Akumulator wodny* składa się z pionowego cylindra, w którym porusza się nurnik, zaopatrzony u góry w głowicę. Na głowicy tej są zawieszony obciążniki, wypełnione balastem. Wymiary nurnika i wielkość obciążenia są tak dobrane, by ciśnienie w akumulatorze osiągnęło żadaną wysokość. Woda jest wtłaczana od dołu zapomocą pompy tłokowej lub odśrodkowej o ciśnieniu roboczym nieco wyższym od ciśnienia statycznego, jakie jest zdolny wytworzyć akumulator.

Ze względu na ograniczone objętości użyteczne i wysokie koszty wykonania akumulatory wodne stosuje się do badań specjalnych przy wyższych ciśnieniach lub też w tych wypadkach, gdy inne sposoby zasilania są trudne do zrealizowania.

*Akumulatory wodne* są z reguły zaopatrywane w urządzenia sterujące pompy, które zasilają akumulator oraz w urządzenia, zabezpieczające nurnik przed wysadzeniem z cylindra.

#### 4. Zasilanie bezpośrednio przez pompy odśrodkowe

Do bezpośredniego zasilania ciągów mierniczych mogą być wyłącznie używane *pompy odśrodkowe*. Używanie pomp tłokowych lub nurnikowych jest niedopuszczalne, nawet przy włączeniu w przewód zasilający powietrznika.

Pompa odśrodkowa powinna znajdować się w odległości  $l \approx 20d$  od stołu mierniczego o średnicy  $d$ . Aby usunąć wpływ drgań, spowodowanych obrotem wirnika pompy, można stosować powietrzniki, umieszczone na końcu odgałęzienia bocznego przewodu tłocznego. Do zasilania układów mierniczych, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy, należy używać pomp odśrodkowych o możliwie płaskiej charakterystyce przepływu.

#### 5. Zasilanie stacji wodomierzowych z sieci wodociągowej

Zasilanie stacji wodomierzowych bezpośrednio z sieci wodociągowej jest najczęściej spotykanym w praktyce sposobem.

Sposób ten stanowi system pośredni pomiędzy zasilaniem ze zbiorników grawitacyjnych, a zasilaniem przez pompy odśrodkowe. Jeśli stacja wodomierzowa znajduje się w pobliżu wieży ciśnień, wówczas warunki zasilania zbliżają się do warunków idealnych. Im dalej od wieży ciśnień i głównych przewodów jest umieszczona pracownia sprawdzania wodomierzy, tem silniejsze są wahania ciśnienia w przewodzie, zasilającym pracownię. Zmienność ciśnienia dopływowego nie stanowi zasadniczej przeszkody w przeprowadzaniu pomiarów, jednakże czem wahania ciśnienia są większe, tem praca jest uciążliwsza i mniej dokładna. Dlatego też stacje wodomierzowe należy umieszczać w bezpośrednim sąsiedztwie wież ciśnień lub w pobliżu rur magistralnych. Zarówno średnicę głównego przewodu, zasilającego stację, jak i przewodów, łączących poszczególne stoły miernicze z przewodem głównym należy obliczać z zapasem.

##### *Literatura:*

1. Instrukcja legalizacyjna dla przepływomierzy wodociągowych. Przybory legalizacyjne. POM poz. 3,748/2.
2. Instrukcja o sposobie sprawdzania przyborów, potrzebnych do legalizowania przepływomierzy wodociągowych (wodomierzy) POM poz. 3,749.
3. *Troskolański A. T.* inż.-mech.: „O przebudowie pracowni sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów w firmie H. Meinecke“. *Gaz i Woda*, tom XII, str. 149÷154. Kraków 1932.
4. *Troskolański A. T.* inż.-mech.: „Pracownia sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów, należąca do Miejskiego Zakładu Wodociągowego w Poznaniu“. *Gaz i Woda*, tom XVI, str. 101÷109.

# ZASADY RACJONALNEJ GOSPODARKI WODOMIERZOWEJ

opracował inż.-mech. A. T. Troskołański.

## WSTĘP

*Racjonalna gospodarka wodomierzowa* polega na:

1. pomiarze objętości wody, dostarczanej do miejskiej sieci wodociągowej i oddawanej na cele konsumpcyjne,
2. stosowaniu właściwych typów wodomierzy,
3. racjonalnym doborze wielkości wodomierzy w zależności od zmienności zapotrzebowania wody,
4. systematycznym nadzorze technicznym nad wodomierzami, pracującymi w sieci,
5. właściwej organizacji naprawy wodomierzy,
6. właściwej organizacji sprawdzania wodomierzy,
7. sprawnej organizacji biurowej zakładu naprawy i sprawdzania wodomierzy,
8. stosowaniu właściwego do danych warunków miejscowych systemu opłat za użytą wodę,
9. unormowaniu stosunku prawnego odbiorców wody do zakładu wodociągowego,
10. stworzeniu podstaw finansowych dla prowadzenia racjonalnej gospodarki wodomierzowej.

### **1. Znaczenie pomiarów wodnych w gospodarce wodociągowej**

Pomiar objętości wody, dostarczanej do sieci miejskiej i oddawanej na cele konsumpcyjne wiąże się nierozdzielnie z całością gospodarki wodociągowej, stanowiąc jeden z kardynalnych warunków jej racjonalnego prowadzenia.

*Pomiary wodne* spełniają swe zadanie wówczas, gdy:

1. metoda pomiarowa jest właściwa,
2. przyrządy miernicze, stosowane przy dokonywaniu pomiarów odznaczają się odpowiedniemi do swego przeznaczenia własnościami hydraulicznymi i mierniczemi, a zarazem niezmiennością wskazań w czasie i niezawodnością działania,
3. personel techniczny, przeprowadzający pomiary, jest dostatecznie wyszkolony.

### **2. Systemy wodomierzy, stosowane w gospodarce wodociągowej**

Do pomiaru objętości wody, przepływającej przez przewody zamknięte pod ciśnieniem, służą przyrządy miernicze, zwane *wodomierzami*.



*Wodomierze*, stosowane w praktyce wodociągowej, dzielimy według charakteru ich pracy w sieci na:

1. *wodomierze użytkowe*, służące do pomiaru wody, przeznaczonej bezpośrednio do użytku,

2. *wodomierze dystrykcyjne*, służące do pomiaru objętości wody, zasilającej poszczególne dzielnice, osiedla i t. p. lub też umieszczone w punktach, charakteryzujących przebieg przepływu wody w sieci wodociągowej,

3. *wodomierze główne*, mierzące objętości wody, przepływającej przez główne przewody, zasilające sieć wodociągową,

4. *wodomierze stacyjne*, umożliwiające pomiar wydajności stacji pompowych lub też wyznaczenie zapotrzebowania wody przez pracownię sprawdzania wodomierzy lub inne stacje doświadczalne, oraz na

5. *wodomierze kontrolne* do sprawdzania wodomierzy użytkowych.

*Wodomierze użytkowe* dzielimy na *wodomierze domowe*, umieszczane w przewodach, zasilających domową sieć wodociągową, oraz *wodomierze mieszkaniowe*, umieszczane w poszczególnych mieszkaniach.

Ze względu na stosunkowo małą czułość wodomierzy, możliwość pobierania wody przy natężeniach przepływu, mniejszych od dolnej granicy dokładności oraz na wysokie koszty inwestycyjne, *wodomierze mieszkaniowe* są tylko wyjątkowo stosowane w gospodarce wodociągowej.

Jako *wodomierze użytkowe* są stosowane następujące systemy wodomierzy:

1. *wodomierze skrzydełkowe* do pomiaru wody przy małych natężeniach przepływu i zmienności zapotrzebowania, nie przekraczającej granicy 1 : 200,

2. *wodomierze śrubowe pojedyncze* przy dużych natężeniach przepływu i zmienności zapotrzebowania, nie przekraczającej granicy 1 : 100,

3. *wodomierze sprzężone* przy natężeniach przepływu, zmieniających się w najszerszych granicach.

Jako *wodomierzy dystrykcyjnych* używa się wodomierzy śrubowych, pojedynczych i sprzężonych, a czasem wodomierzy zwężkowych.

Jako *wodomierzy głównych* używa się najczęściej *wodomierzy zwężkowych*, w szczególności *wodomierzy Venturi'ego*, rzadziej wodomierzy śrubowych pojedynczych.

Do pomiaru wydajności pomp stosujemy z reguły *wodomierze Venturi'ego*; do wyznaczania zużycia wody przez pracownię sprawdzania wodomierzy najczęściej wodomierzy śrubowych pojedynczych, wyjątkowo wodomierzy śrubowych sprzężonych.

Do sprawdzania wskazań wodomierzy użytkowych na miejscu wbudowania używamy *wodomierzy komorowych*, starannie wywzorcowanych. Z pośród wodomierzy komorowych naj-

większe rozpowszechnienie znalazły wodomierze *tarczowe* i *puszkowe*; natomiast wodomierze *łłokowe* wyszły niemal zupełnie z użycia.

*Wodomierze tarczowe* i *puszkowe* są również używane do pomiaru wody gorącej, dostarczanej do poszczególnych mieszkań. Różnią się one od wodomierzy do wody zimnej jedynie doborem materiałów konstrukcyjnych.

### 3. Znaczenie wodomierzy w gospodarce wodociągowej

Stosowanie *wodomierzy* w gospodarce wodociągowej:

1. umożliwia racjonalną kontrolę ruchu, polegającą na pomiarze wody tłoczzonej do sieci miejskiej i wody zużywanej.

W nowocześnie prowadzonym zakładzie wodociągowym cała objętość wody, bez względu na jej przeznaczenie, powinna być mierzona. Należy zatem mierzyć nie tylko wodę oddawaną na potrzeby domowe i przemysłowe, lecz również na cele publiczne (j. np. do polewania ulic, gaszenia pożarów, prac technicznych wykonywanych przez instytucje miejskie i t. p.) oraz wodę zużywaną na potrzeby własne wodociągu (czyszczenie filtrów, osadników i t. p.). Wówczas dopiero zakład wodociągowy może mieć pełny obraz rozdziału dostarczanej wody i ścisłego wyznaczenia strat, spowodowanych nieszczelnościami sieci.

2, z mniejszą marnotrawstwem wody wskutek tego, iż właściciele nieruchomości, uiszczając opłaty za wodę, starają się o utrzymanie domowej sieci wodociągowej w należytym stanie przez usuwanie nieszczelności instalacji.

Przez ograniczenie marnotrawstwa wody zmniejszają się koszty inwestycyjne, spowodowane koniecznością szukania nowych źródeł, budową nowych studni ujmujących, nowych stacji pomp, filtrów etc. Bez wodomierzy zużycie wody rośnie do takich granic, iż żaden zakład wodociągowy nie jest w stanie zaspokoić wzrastającego stale zapotrzebowania wody. Szczególnie ostro zagadnienie to występuje w miastach, położonych w oddali od wielkich rzek (np. w dziale wód), gdzie nowe ujęcie wody powoduje konieczność olbrzymich kosztów inwestycyjnych powodu dużych odległości od naturalnych zbiorników wody.

Jako charakterystyczny przykład wpływu wodomierzy na gospodarkę wodociągową podam wartości *średniego zużycia dobowego we Lwowie* w okresie wprowadzania wodomierzy.

Począwszy od 1910 roku, a więc w dziewięć lat po oddaniu wodociągu lwowskiego do użytku, ilość wody dostarczana w dniach cieplejszych nie pokrywała zapotrzebowania, pochodzącego z właściwej konsumpcji i z marnotrawstwa. Zamiast wprowadzić wodomierze zarządono kontrolę instalacji domowych, a w końcu polecono Dyrekcji Zakładów Wodociągowych, mimo jej sprzeciwu, przemykanie dopływu do sieci miejskiej w pewnych porach dnia i nocy. Stan ten trwał do maja 1928 r. Od 22. V. 1928 r. po uruchomieniu stacji przepompowań w *Karacynowie* zaprzestano przemykania dopływu w porze dziennej, a po uruchomieniu dnia 21. VII. 1928 r. stacji pomp pod *Wielkopolem* zaprze-

stano wogóle przemykania dopływu do sieci miejskiej. Wskutek tego średnie zużycie wody na dobę wzrosło z 22 403 s (1927 r.) na 26 098 s (1928 r.). W kwietniu 1928 r. zaczęto wbudowywać wodomierze w domach czynszowych. Spowodowało to, nieprzebijającą w środkach, akcją właścicieli nieruchomości przeciw wprowadzeniu systemu opłat za zużyta wodę na podstawie wskazań wodomierzy. Skutkiem tej akcji, która podsycała nadzieję powrotu do systemu ryczałtowego i możliwości korzystania z wodociągu przez całą dobę, średnie zużycie dobowe wzrosło w 1929 r. do 28 255 s, osiągając maximum dziennie ponad 32 000 s.

Dopiero w roku 1930 właściciele nieruchomości, po niepowodzeniu akcji przeciw-wodomierzowci, przystąpili do naprawy instalacji domowych; dzięki temu zużycie wody znacznie zmalało pomimo równoczesnego wzrostu sieci wodociągowej. Średnie zużycie dobowe wynosiło w 1930 r. — 24 187 s, w 1931 r. — 22 036 s, w 1932 r. — 21 954 s, a w 1933 r. — 21 048 s. W tym okresie czasu ilość wodomierzy wzrosła z 2 814 sztuk (31. XII. 1928 r.) na 6 740 sztuk (31. XII. 1933 r.). Oszczędność w porównaniu z 1929 r. wynosi 7 200 s na dobę.

3. umożliwia racjonalny i sprawiedliwy rozdział świadczeń za zużyta wodę, wskutek zachowania proporcjonalności opłaty do objętości zużytej wody.

Straty, powstałe wskutek nieszczelności w instalacjach domowych przy stosowaniu systemu ryczałtowego, obciążają równomiernie wszystkich właścicieli domów, a nie tych, którzy zaniedbują stan instalacji domowych i przyczyniają się tem samem do marnotrawstwa wody.

#### 4. Wybór właściwego typu wodomierza

Z obowiązku legalizacji wypływa konieczność zgłaszania przez wytwórnie wodomierzy w *Głównym Urzędzie Miar* celem uzyskania aprobaty typu; jedynie bowiem wodomierze, których typ uzyskał aprobatę *Głównego Urzędu Miar*, mogą być legalizowane. Swoboda wyboru typu wodomierza przez zakłady wodociągowe jest tem samem ograniczona ilością typów dopuszczonych przez *Główny Urząd Miar* do legalizacji. Stan ten nie zwalnia jednakże zakładów wodociągowych od przeprowadzania badań typu we własnym zakresie. Spośród kilku dopuszczonych do legalizacji typów jedne lepiej, inne gorzej odpowiadają własnościom mechanicznym i chemicznym wody, ożywiającej daną sieć wodociągową. Poza tem do wyrobu części składowych wodomierza pewnego typu mogą być dopuszczone różne materiały, umożliwiające stworzenie typu najbardziej odpowiedniego dla danych warunków lokalnych. Zmieniające się w znacznym stopniu zawartości manganu, żelaza, wapnia, bezwodnika węglowego i innych pierwiastków lub związków chemicznych w wodzie, przepływającej przez wodomierze, a ponadto niszcząca działalność prądów błędzących zmuszają zakłady wodociągowe do stawiania specjalnych wymagań wytwórcom. Obiór właściwego typu wodomierza stanowi poważne zagadnienie natury ekonomicznej. Im typ jest racjonalniej obrany tem trwałość zalet mierniczych większa, a co za tem idzie okres pracy wodomierza w sieci jest dłuższy, a koszty naprawy mniejsze.

Przeprowadzenie systematycznych *badai naukowo-doświadczalnych* wchodzi w zakres prac Oddziału Wodomierzy w *Głównym Urzędzie Miar*. Niezależnie od powyższych badań, które nie mogą uwzględnić wpływu wszystkich możliwych czynników lokalnych na działanie wodomierzy, zakłady wodociągowe powinny przeprowadzać następujące badania:

1. Bez względu na to, czy wodomierze są nabywane w stanie legalizowanym<sup>1)</sup>, czy też nie, powinny być sprawdzone po nadejściu z wytwórni.

Wodomierze są wprawdzie przyrządami, nadającymi się do transportu, jednakże niezawsze służba kolejowa obchodzi się właściwie z przesyłkami, zawierającymi narzędzia miernicze. W czasie transportu kolejowego wskutek uderzenia pewne części składowe mogą ulec uszkodzeniu lub nawet zniszczeniu, organ regulujący wskutek silnego wstrząsu może zmienić swe położenie i t. p. Włączanie w sieć wodomierzy niesprawdzonych powoduje tylko niepotrzebne wydatki, spowodowane reklamacjami.

Wyniki sprawdzenia powinny być odnotowane i przechowane.

2. O ile wodomierz wskutek reklamacji lub po upływie normalnego okresu pracy został wyjęty z sieci, powinien być również sprawdzony. Przy wyjmowaniu wodomierza z sieci należy zachować najdalej idącą ostrożność. Nie należy go przechylać, celem usunięcia zeń wody. Po wyjęciu z sieci na obadwa jego króćce wlotowy i wylotowy należy nakręcić czapeczki nagwintowane, lub też wstawić pomiędzy króćce a łączniki płytki, któreby uniemożliwiły wypływ wody z wodomierza. W czasie przewożenia do stacji wodomierzowej wodomierze powinny być ustawione lub zawieszane w tem samym położeniu, w jakim pracowały w sieci. W czasie transportu wodomierze należy chronić od wstrząsów. W okresie, poprzedzającym sprawdzenie, wodomierz powinien leżeć w magazynie w tem samym położeniu, co w sieci. Przy zamocowywaniu wodomierza w uchwycie stołu mierniczego, należy zachować te same ostrożności co i przy wyjmowaniu z sieci.

Spełnienie powyższych zaleceń daje gwarancję, iż własności miernicze wodomierza w drodze od miejsca wbudowania do miejsca sprawdzenia nie uległy zmianie.

*Sprawdzenie wodomierza* powinno obejmować:

1. określenie jego przepuszczalności,
2. wyznaczenie błędów wskazań przy natężeniach przepływu, ustalonych dla danego systemu i modelu wodomierza w instrukcji legalizacyjnej,

<sup>1)</sup> Rozporządzenie Min. Przem. i Handlu z dnia 22. VII. 1932 r. o wprowadzeniu obowiązku legalizacji narzędzi mierniczych dopuszcza możliwość przechowywania na sprzedaż i sprzedaży wodomierzy legalnych bez uprzedniej ich legalizacji (Dz. U. R. P. z dnia 9. VIII. 1932 r. Nr. 68 poz. 628).

3. wyznaczenie rozruchu i ewtl. dolnej granicy obszaru mierniczego.

Powyższe wyniki sprawdzenia, porównane z wynikami, przeprowadzonymi przed wbudowaniem, przedstawiają obraz zmienności własności hydraulicznych i miernicznych wodomierza po pewnym okresie pracy w sieci.

Prowadząc badania powyższe systematycznie i odnotowując otrzymane wyniki, zakład wodociągowy może zebrać niezwykle ciekawy i cenny materiał statystyczny, stanowiący niezawodną podstawę do wyboru właściwego dla danych warunków miejscowych typu wodomierza.

## 5. Dobór wielkości wodomierza w zależności od warunków zapotrzebowania wody

Stosowanie w gospodarce wodociągowej typów wodomierzy, których budowa i materiały konstrukcyjne najbardziej odpowiadają lokalnym warunkom pracy, nie wyczerpuje w zupełności zagadnienia racjonalnej gospodarki wodomierzowej. Niemniej ważnym zagadnieniem jest wyznaczenie *średnicy wodomierza* odpowiednio do wielkości i zmienności zapotrzebowania wody.

Stosowanie wodomierzy zbyt dużych dla danych warunków zwiększa koszty inwestycyjne i zmniejsza dokładność pomiaru w okresach mniejszego zapotrzebowania wody. Wstawianie w sieć wodociągową wodomierza o średnicy za małej, prowadzi do przeciążenia wodomierza, a tem samem do przedwczesnego zużycia jego części czynnych.

*Przeciążanie wodomierzy* powoduje zatem wzrost wydatków na wymianę i naprawę wodomierzy, niekiedy zaś prowadzi nawet do ich zniszczenia. Przedwczesne i nierównomierne zużycie się osi, łożysk i kółek zębatych powoduje wzrost oporów mechanizmu, a tem samem szybki zanik zalet miernicznych wodomierza. Oczywiście jest rzeczą, iż wodomierze o wzrastającym momencie oporu wskazują z błędami ujemnymi, przynosząc straty zakładowi wodociągowemu.

Przeciążenie wodomierza może być spowodowane nietylko przepuszczeniem przezeń zbyt dużej ilości wody w pewnym okresie czasu, lecz również niewłaściwymi warunkami zasilania. Gdy np. przymykamy częściowo zawór zasuwowy, umieszczony bezpośrednio przed wodomierzem śrubowym, możemy spowodować zupełne zniszczenie jego części czynnych wskutek wysadzenia wirnika śrubowego z łożysk przez działanie strumienia, zasilającego łopatki skośnie z prędkością kilkunastokrotnie większą od średniej prędkości przepływu wody w przewodzie.

O wyborze wielkości wodomierza powinny decydować w zasadzie *normy obciążeń dopuszczalnych* (v. rozdział VII).

Przestrzeganie w całej rozciągłości norm, zalecanych przez przepisy lub też podanych w katalogach, jest możliwe tylko wówczas, gdy zakład wodociągowy zaopatrzonej jest w przyrządy, wykreślające t. zw. *krzywe zużycia wody (krzywe konsumpcyjne)* oraz przyrządy rejestrujące graficznie przebieg zmienności natężeń przepływu w wodomierzach silnikowych, instalowanych w poszczególnych nieruchomościach.

Przyrządy, umożliwiające zdjęcie krzywych konsumpcyjnych należy przede wszystkim umieszczać w posesjach, w których może zaistnieć natężenie przepływu niewspółmierne wysokie w porównaniu z zużyciem dobowym czy też miesięcznym. Wypadki takie zachodzą w internatach i koszarach, gdzie w czasie mycia zapotrzebowanie wody wzrasta tak silnie, iż przekracza najwyższe dopuszczalne obciążenie wodomierza. O wyborze wielkości wodomierza w podobnych wypadkach powinno decydować nie miesięczne zużycie wody, lecz najwyższe chwilowe zapotrzebowanie.

Dużą ostrożność w wyborze wielkości wodomierza należy również zachować wówczas, gdy na terenie posesji znajduje się jakiś zakład przemysłowy, zakład kąpielowy, stajnie lub też zachodzą inne jakies okoliczności, powodujące nagłe zwiększenie zapotrzebowania wody w pewnych porach dnia.

W pozostałych wypadkach wystarcza porównanie zużycia miesięcznego z normami *dopuszczalnego obciążenia miesięcznego*<sup>1)</sup>.

## 6. Zmienność wskazań wodomierzy, pracujących w sieci.

*Wodomierze* są przyrządami zmieniającymi stosunkowo szybko swe własności miernicze, przyczem najczęściej rejestrują z biegiem czasu mniejsze objętości wody od tych, jakie w rzeczywistości przez nie przepłynęły. Pogarszanie się dokładności wskazań zachodzi zazwyczaj nie wskutek wad konstrukcyjnych lub niedokładności wykonania, lecz wskutek działania wody, przepływającej przez wodomierze. Woda, ożywiająca sieć wodociągową, nie jest bezwzględnie czysta. Nowoczesne nawet metody oczyszczania wody nie mogą usunąć całkowicie zawartości czynników, niszczących części czynne wodomierza, jak mangan i żelazo, oraz związków wapnia i magnezu, tworzących osady i inkrustacje wewnątrz jego osłony. Czynnikiem niemniej szkodliwym dla wodomierzy jest zawarty w wodzie bezwodnik węglowy, który rozkłada części mosiężne, tworząc z cynkiem węglany cynku. Woda unosi pozatem drobne części stałe np. ziarenka piasku, płatki rdzy i t. p. i zawiesiny np. szczątki uszczelnień konopnych, które częściowo zatrzymują się na sitkach ochronnych, częściowo zaś dostają się do

<sup>1)</sup> Normy dopuszczalnych obciążeń, oparte na artykule inż.-mech. A. T. Troskołańskiego, p. l. „O projektowanych zmianach w przepisach wodomierzowych”, są umieszczane w katalogach firmy „Polski Wodomierz”.

wnętrza wodomierza i hamują ruch części czynnych. Wskutek hamującego działania zawieszin i osadów, wodomierze po pewnym czasie wskazują mniejsze objętości wody niż te, które przez nie przepłynęły, przyczem częstokroć uchybienia ich przekraczają znacznie granice obiegowe na niekorzyść zakładu wodociągowego.

Fakt ten stwierdzają niezbitcie ekspertyzy, przeprowadzane we wszystkich krajach.

W 1932 r. *Międzowy Urząd Miar w Krakowie* przeprowadził ekspertyzę 399 sztuk wodomierzy skrzudełkowych wielostrumieniowych syst. E. Schinzel, stanowiących typ przestarzały i obecnie wycofywany zupełnie z użycia. Wyniki tej ekspertyzy zostały zestawione w poniższej tablicy:

Wyniki ekspertyz wodomierzy,  
przeprowadzonych przez MUM w Krakowie

Ilość wodomierzy sprawdzonych	Zalegalizowano	Zbrakowano								Nierzetelne			
		w granicach uchybień obiegowych	Błąd wskazań $\epsilon$ w $\%$					martwe $\epsilon$ $\equiv$ 100 $\%$	z innych powodów	Razem	na niekorzyść		
			+ 10 V	- 10 A	- 20 A	- 50 A	- 100 A				wodociągu	konsumenta	Razem
399	54	178	6	29	12	8	26	48	40	345	121	6	127

Ilość wodomierzy nierzetelnych na niekorzyść zakładu wodociągowego wynosiła około 30 $\%$  ogólnej ilości wodomierzy sprawdzonych, podczas gdy wodomierzy nierzetelnych na niekorzyść konsumenta tylko 1,5 $\%$ .

Właściwy obraz strat wodociągu dają wykresy, przedstawiające pola nierzetelności wodomierzy. Z wykresów, sporządzonych dla 127 wodomierzy nierzetelnych wynika, iż stosunek pól, położonych ponad odciętą + 6 $\%$ , do pól położonych poniżej odciętej - 6 $\%$  wynosi 1 : 1134.

Najczęściej zażalenia wnoszone są przez odbiorców wody, którzy przyzwyczajwszy się do opłat, odpowiadających tylko części rzeczywistego zużycia wody, podają w wątpliwość wskazania wodomierza nowo wbudowanego. W tych natomiast wypadkach, w których rzeczywiście zachodzi nadmierne zużycie wody, winę przypisuje się najczęściej wodomierzowi, chociaż istotną przyczyną nadmiernych wskazań leży w marnotrawstwie wody lub też w nieszczelnościach domowej instalacji wodociągowej. Największa ilość reklamacyj co do dokładności działania wodomierzy przypada na miasta, w których stosunkowo niedawno wprowadzono system pobierania opłat na podstawie wskazań wodomierzy. Częste i w przeważnej mierze nieuzasadnione reklamacje utrudniają zakładowi wodociągowemu spełnianie nadzoru technicznego nad wodomierzami, wprowadzając w czynności, charakteryzujące się pewną prawidłowością, czynnik przypadku; pozatem prowadzą do zwiększenia kosztów eksploatacyjnych nawet wówczas, gdy koszty ekspertyzy ponosi odbiorca wody.

## 7. Nadzór techniczny nad wodomierzami

Zmieniające się z czasem wskazania wodomierzy i to, jak praktyka wykazuje, zmieniające się niemal zawsze na niekorzyść zakładu wodociągowego, zmuszają kierownictwo zakładu do umiejętnej ujęcia *gospodarki wodomierzowej*.

Systematyczny nadzór nad wodomierzami, pracującymi w sieci, jest zagadnieniem ekonomicznym pierwszorzędnej znaczenia dla każdego zakładu wodociągowego.

Nadzór ten odbywa się w sposób trojaki:

- a) przez perjodyczne wyjmowanie wodomierzy z sieci (bez względu na ich stan), połączone z reguły z naprawą, wzorcowaniem i legalizacją,
- b) przez sprawdzanie wodomierzy w miejscu wbudowania,
- c) przez badanie zmienności obciążeń wodomierzy, pracujących w sieci i porównywanie otrzymanych wyników z normami dopuszczalnych obciążeń.

A. Utrzymywanie wodomierzy w należyłym stanie przez wyjmowanie ich z sieci, gruntowną naprawę i wzorcowanie stanowi najpewniejszą, najbardziej niezawodną i niezastąpioną metodę, będącą podstawą racjonalnej *gospodarki wodomierzowej*.

Metoda ta spełnia swój cel wówczas, gdy:

- a) naprawa dokonywana jest umiejętnie,
- b) wzorcowanie odznacza się starannością i dokładnością, wymagana przez przepisy o warunkach legalizowania wodomierzy,
- c) okresy pracy wodomierzy w sieci są dostosowane do własności mechanicznych i chemicznych wody, ożywiającej sieć wodociągową.

To ostatnie zagadnienie normują w pewnej mierze przepisy wodomierzowe, ustalające *okres ważności cechy* na pięć lat, licząc od dnia 1 stycznia tego roku, w którym cecha legalizacyjna została nałożona. Zasadniczy okres ważności cechy wynosi zatem 4 lata.

W zakładach wodociągowych, przodujących w zakresie *gospodarki wodomierzowej*, okresy pracy wodomierzy są obierane na podstawie długotrwałych i gruntownych badań, ustalających wpływ rozmaitych czynników na własności mechaniczne i miernicze wodomierzy. Przeciętnie okres pracy wodomierzy pojedynczych nie przekracza trzech lat, wodomierzy sprzężonych — dwu lat.

Jako zasadę należy przyjąć, iż zgłoszenie wodomierza do legalizacji powinno być poprzedzone gruntowną jego naprawą nawet w tym wypadku, gdy błędy wskazań po pełnym okresie pracy nie przekraczają granic uchybień legalizacyjnych. Chodzi bowiem o to, by błędy wodomierza w okresie ważności cechy legalizacyjnej nie przekroczyły granic uchybień obiegowych.



Metody sprawdzania wodomierzy w stacjach wodomierzowych są szczegółowo opisane w *Instrukcji o sposobie sprawdzania wodomierzy* (POM poz. 3,742).

Na pograniczu pomiędzy powyższą metodą a metodami sprawdzania wodomierzy w miejscu wbudowania znajduje się t. zw. *metoda hamburska*, polegająca na sprawdzaniu wodomierzy na układach mierniczych, umieszczonych w przystosowanych do tego celu samochodach.

*Metoda hamburska*, zdaniem mojem, nie ma wielkiej racji bytu. Jako metoda przybliżona jest kosztowniejsza od metod sprawdzania wodomierzy w miejscu wbudowania, jako metoda wyłączna jest niewystarczająca. Ograniczenie bowiem nadzoru technicznego do sprawdzania wodomierzy *metodą hamburską* jest niemożliwe z następujących względów:

1. w podręcznym warsztacie, umieszczonym w samochodzie, nie można dokonywać gruntownej naprawy wodomierzy,
2. sprawdzanie wodomierzy wskutek nieodpowiednich warunków zasilania i nieznacznych objętości użytecznych zbiorników mierniczych nie odznacza się wystarczającą dla praktyki wodociągowej dokładnością.

B. Sprawdzanie wodomierzy w miejscu wbudowania może odbywać się przy pomocy jednej z trzech poniżej opisanych metod.

Metoda pierwsza, najstarsza, polega na porównywaniu wskazań wodomierza z objętością wody, jaka wpływa w pewnym okresie czasu do pojemnika, przenoszonego lub przewożonego od wodomierza do wodomierza przez funkcjonariuszów zakładu wodociągowego. Prymitywna ta metoda została zupełnie zarzucona z następujących powodów:

1. ponieważ objętość pojemnika wynosiła od 10 do 20 litrów, przeto w czasie jednego pomiaru wskazówka środkowa wodomierza mogła wykonać najwyżej  $\frac{1}{10}$  do  $\frac{1}{5}$  części pełnego obrotu, co obciążało odczyt stanu wodomierza poważnym błędem;
2. w czasie dokonywania pomiaru dopływ wody do nieruchomości musiał być odcięty;
3. używanie pojemnika o dość znacznej pojemności było z wielu względów niedogodne, szczególnie wówczas, gdy w miejscu wbudowania wodomierza nie było otworu ściekowego.

Druga metoda, wprowadzona przez dyr. *Vollmar'a* i radcę *Baese'go* z Drezna polega na porównaniu wskazań *wodomierza użytkowego* ze wskazaniami *wodomierza kontrolnego*, umieszczonego przed lub poza wodomierzem sprawdzanym. Metoda ta znana jest pod nazwą *metody drezdeńskiej*.

W pierwszych latach po wprowadzeniu *metody drezdeńskiej* sprawdzanie wodomierza odbywało się w sposób następujący:

Po zamknięciu kurków dopływowego i odpływowego, wyjmowano wodomierz, a do swobodnych wylotów przewodu zasilającego przykręcano węże gumowe, pomiędzy które wstawiano szeregowo *wodomierz użytkowy* i *wodomierz kontrolny*. Sposób ten pochłaniał jednakże wiele czasu i powodował przerwy w dopływie wody do posesji. Dlatego też w zakładach wodociągowych, stosujących powyższą metodę, wprowadzono z biegiem czasu kurki specjalnej konstrukcji, składające się z kurka głównego wolno-przelotowego i dwu kurków stożkowych, z których jeden umieszczony jest przed, drugi poza organem zamykającym zaworu odpływowego. Do kurków bocznych przyłącza się węże gumowe, w których ciąg wstawia się *wodomierz kontrolny*. Woda, zasilająca daną nieruchomość, przepływa przez obadwa wodomierze, omijając zawór odpływowy wolno-przelotowy.

Metoda sprawdzania *wodomierzy użytkowych* zapomocą *wodomierzy kontrolnych*, które można zaopatrywać w przyrządy rejestrujące przebieg zmienności natężeń przepływu, prowadzi do wyników dość dokładnych. Wprowadzanie jej wymaga zamiany zaworów odpływowych zwykłych na zawory specjalnej konstrukcji.

*Metodę drezdeńską* można stosować zasadniczo przy sprawdzaniu wodomierzy o średnicach  $d_n \leq 40 \text{ mm}$ ; jednakże ze względu na ograniczony przekrój przelotowy kurków bocznych w wodomierzach o przepuszczalności  $Q_n > 7 \text{ s/h}$  nie możemy osiągnąć natężeń przepływu, odpowiadających górnej części obszaru mierniczego.

*Metoda drezdeńska* posiada następujące zalety:

1. wodomierz jest sprawdzany w takich warunkach, w jakich pracuje,
2. sprawdzanie wodomierza nie powoduje konieczności wyjęcia go z sieci,
3. wodomierz objętościowy kontrolny, odznaczający się wyższą czułością niż wodomierz skrzydełkowy użytkowy, może służyć do wykrycia nieszczelności w domowej instalacji wodociągowej.

Natomiast wady *metody drezdeńskiej* są następujące:

1. *kontrolny wodomierz* komorowy jest przyrządem mierniczym kilkakrotnie mniej dokładnym od *zbiornika mierniczego*, stanowiącego układ odniesienia przy dokonywaniu pomiarów w stacji wodomierzowej;
2. dokładność wskazań *wodomierza kontrolnego* może ulec pogorszeniu w czasie przeprowadzania pomiarów (np. przez zanieczyszczenie zawieszinami), o czym sprawdzający może przekonać się dopiero po powrocie do pracowni sprawdzania wodomierzy i po porównaniu wskazań wodomierza ze wskazaniami zbiornika mierniczego;

3. sprawdzanie wodomierza odbywa się w warunkach nieodpowiednich dla dokonywania pomiarów (brak dostatecznego oświetlenia, wilgoć pomieszczenia i t. p.);

4. okres sprawdzania wodomierza jest dość długi. Jeśli sprawdzanie wodomierza ma na celu tylko porównanie jego wskazań z wodomierzem kontrolnym, pomiar musi trwać co najmniej tak długo, by wskazówka, odpowiadająca najmniejszej objętościom, zatoczyła dwa pełne obroty. Ponieważ jeden pełny obrót środkowej wskazówki w wodomierzach o średnicy  $d < 40 \text{ mm}$  odpowiada 100 l, przeto najmniejsza ilość wody, jaką musimy przepuścić przez wodomierz, odpowiada zużyciu dobowemu posesji, zamieszkałej przez cztery osoby (50 l na dobę mieszkańca). Gdy natomiast wodomierz kontrolny zaopatrzony jest w przyrząd rejestrujący wykreślnie przebieg zmienności przepływu, wówczas okres sprawdzania powinien trwać co najmniej dobę. A zatem funkcjonariusz zakładu wodociągowego musi co najmniej dwukrotnie przybyć na miejsce wbudowania wodomierza;

5. otrzymane wyniki sprawdzania mają charakter przybliżony i wskutek tego nie mogą stanowić podstawy przy załatwianiu reklamacyj odbiorców wody.

Trzecia metoda, wprowadzona również przez drezdeński zakład wodociągowy, oparta jest na stwierdzonej doświadczalnie zależności pomiędzy wartością liczbową dolnej granicy obszaru mierniczego  $Q_a$ , a wartością liczbową rozruchu  $Q_e$ .

W przybliżeniu:

$$Q_a \approx 2 Q_e.$$

Ustaliwszy doświadczalnie wartość  $Q_e$  możemy z pewnym przybliżeniem określić wartość  $Q_a$ , stanowiącą jeden z najbardziej charakterystycznych wyróżników metrologicznych wodomierza.

Określenie rozruchu odbywa się zapomocą manometru nastawnego, zaopatrzonego w zespół dysz miernicznych wypływowych o różnych przepuszczalnościach. Zasada pomiaru polega na proporcjonalności natężeń wypływu do pierwiastka kwadratowego z wysokości słupa wody, jaki ustala się w rurce manometrycznej. Natężenie wypływu odczytuje się bezpośrednio na wywzorcowanej doświadczalnie skali manometru. Stosowanie tej metody jest możliwe tylko wówczas, gdy poza wodomierzem znajduje się zawór z kurkiem bocznym, do którego wylotu przykręca się wąż gumowy, połączony z manometrem nastawnym. Woda uchodzi z manometru do podstawionego naczynia. Ponieważ natężenia przepływu przy sprawdzaniu rozruchu nie przekraczają 400 l/h, a okres sprawdzania wynosi kilkanaście sekund, przeto objętość wody, jaka uchodzi z manometru w czasie pomiaru wynosi zaledwie kilka litrów.

Powyższa metoda posiada tę zaletę, iż pomiary może przeprowadzać jeden człowiek przy pomocy przyrządu o niewielkich rozmiarach (długość manometru wynosi od 300 do 400 mm, ciężar łącznie z wężem gumowym — od 0,8 do 1,0 kg). Wyznaczanie rozruchu wodomierzy może być przeprowadzane przez inkasentów, odczytujących okresowo stany wodomierzy. Pozatem metoda ta posiada wybitnie cechy metody przybliżonej i wskutek tego nie zachodzi obawa, by jej zakres stosowności i znaczenie mogły przekroczyć właściwe ramy. Możliwość ta istnieje natomiast przy sprawdzaniu *wodomierzy użytkowych* przy pomocy *wodomierzy kontrolnych*.

Dwie ostatnie opisane metody są najbardziej rozpowszechnione w Niemczech, gdzie stosuje się je równocześnie ze sprawdzaniem wodomierzy w stacjach wodomierzowych.

Stosowanie *metod drezdeńskich* sprawdzania wodomierzy jest godne zalecenia w tych zakładach wodociągowych, w których stany wodomierzy odczytuje się w dłuższych odstępach czasu np. co kwartał. Przy odczytywaniu stanoż wodomierzy co miesiąc, rentowność *metod drezdeńskich* jest wątpliwa, ponieważ koszty utrzymania wzgl. powiększenia wykwalifikowanego personelu mogą pochłonać oszczędności, uzyskane przez wyjęcie z sieci wodomierzy, których czułość, a tem samem i dokładność wskazań uległy pogorszeniu.

C. W zakres nadzoru technicznego wodomierzy wchodzi również porównywanie *obciążeń rzeczywistych*, przypadających na różne okresy czasu (godzinę, dobę i miesiąc) z normami *dopuszczalnych obciążeń*, ustalonych w przepisach wodomierzowych.

## 8. Naprawa wodomierzy

*Naprawa* jakiegokolwiek urządzenia mechanicznego polega na doprowadzeniu wszystkich części składowych tegoż urządzenia do stanu właściwego oraz na zmontowaniu tych części w sposób, zapewniający prawidłowość jego działania. W przyrządach mierniczych, a więc i w wodomierzach, naprawa obejmuje również wywzorcowanie przyrządu, polegające na ustaleniu organów regulacyjnych w położeniu, przy którym błędy wskazań są zawarte w dopuszczalnych granicach.

Naprawa wodomierza powinna być wykonywana w sposób umięjętny i przy użyciu właściwych surowców.

Naprawa może obejmować czynności wytwórcze, polegające na wykonaniu zużytych części składowych lub też ograniczać się do zastąpienia zużytych części nowemi, zakupionemi w wytwórni, która wyrabia dany typ wodomierza.

Stosowanie niewłaściwych sposobów naprawy, polegających na ręcznem wykonywaniu części, które powinny być wykonane sposobem mechanicznym, podpiłowywanie organów czynnych wodomierza i t. p. jest niedopuszczalne nawet wówczas, gdy

po dokonaniu naprawy można wodomierz wyregulować. Włączanie wodomierza w ten sposób naprawionego w sieć przynosi zakładowi wodociągowemu więcej szkody, niż pożytku. Wskutek pogarszania się własności mierniczych wodomierze prowadzą do strat w pomiarze przepływającej wody, rosnących tem szybciej, im gorzej wodomierz zastał naprawiony.

Organizacja sposobu naprawy wodomierzy zależy od następujących czynników:

1. ilości posiadanych wodomierzy, 2. różnorodności typów, 3. rodzaju i ilości urządzeń warsztatowych, a w szczególności obrabiarek, oraz 4. od kwalifikacyj i liczby personelu technicznego.

O naprawie wodomierzy we własnym zakresie powinien decydować przede wszystkim rachunek rentowności. Nie jest to jednak czynnik wyłączny ze względu na swoiste zadania zakładu wodociągowego.

Dokonywanie napraw wodomierzy w sposób zupełny, polegający na wyrobie zużytych części składowych we własnym zakresie, może się opłacić jedynie w zakładach wodociągowych, posiadających kilka tysięcy wodomierzy i odpowiednio wyposażone warsztaty mechaniczne. W mniejszych zakładach wodociągowych naprawa wodomierza polega najczęściej na gruntownym oczyszczeniu wodomierza i zastąpieniu części zużytych częściami nowymi, zakupionymi w wytwórniach wodomierzowych. W małych zakładach wodociągowych, posiadających kilkadziesiąt wodomierzy, naprawa wodomierza we własnym zakresie może być uzasadniona jedynie warunkami specjalnymi.

Do naprawy wodomierzy są potrzebne narzędzia i maszyny, których ilość i rodzaj zależy od zakresu naprawy, oraz stacja wodomierzowa, umożliwiająca wyregulowanie wodomierzy.

## **9. Korzyści wynikające z posiadania własnej pracowni sprawdzania wodomierzy**

Posiadanie własnej *pracowni sprawdzania wodomierzy* jest jednym z podstawowych warunków zdrowej gospodarki wodomierzowej.

*Własna pracownia sprawdzania wodomierzy* umożliwia bowiem:

1. przeprowadzanie racjonalnej kontroli ruchu, polegającej na wyjmowaniu z sieci wodomierzy, których wskazania są niepewne, oraz wodomierzy, kończących swój normalny okres pracy;

2. przeprowadzanie badań gwarancyjnych wodomierzy nabytych. W czasie transportu kolejowego pewna ilość wodomierzy może ulec uszkodzeniu wzgl. rozregulowaniu; dlatego też przed włączeniem w sieć wodomierze nabyte powinny być sprawdzane bez względu na to czy są zaopatrzone w plomby legalizacyjne, czy też nie;

3. sprawdzanie wodomierzy bez zrywania plomb legalizacyjnej, w razie zakwestjonowania dokładności wskazań przez konsumenta. W wielu miastach na zasadzie lokalnych statutów zakłady wodociągowe są obowiązane do sprawdzania wodomierzy zakwestjonowanych w obecności konsumenta;

4. nabywanie wodomierzy nielegalizowanych i zgłaszanie ich do legalizacji we własnym prywatnym punkcie legalizacyjnym. Przepisy legalizacyjne pozostawiają w tym względzie swobodę zakładowi wodociągowemu, chociaż naogół korzystniej jest nabyć wodomierze zalegalizowane uprzednio w fabrycznym punkcie legalizacyjnym;

5. naprawę wodomierzy we własnym zakresie. Naprawa bowiem polega nie tylko na oczyszczeniu wodomierza i zastąpieniu części zużytych nowymi, lecz również na doprowadzeniu jego własności mierniczych do stanu, zgodnego z warunkami dokładności, określonymi przez przepisy wodomierzowe, a to jest możliwe tylko wówczas, gdy zakład posiada odpowiednie urządzenia miernicze.

Istnienie drobnego chociaż zakładu reparacyjnego jest niezbędnym warunkiem do przeprowadzenia racjonalnej kontroli technicznej wodomierzy. Pomiędzy kosztami naprawy we własnym zakresie i w zakładach reparacyjnych zachodzą naogół dość znaczne różnice, występujące najsilniej przy drobnych naprawach; wówczas bowiem czysty koszt naprawy stanowi nieznaczną część kosztów całkowitych, na które składają się właściwe koszty naprawy, opłaty legalizacyjne, koszty opakowania i transportu oraz koszty biurowe;

6. zmniejszenie zapasu wodomierzy, niezbędnego przy wysyłaniu wodomierzy do zakładów reparacyjnych;

7. przeprowadzenie ekspertyz urzędowych przez *Władze Administracji Miar* bez konieczności odsyłania wodomierza do innej miejscowości, w której znajduje się pracownia sprawdzania wodomierzy. Uniknięcie transportu kolejowego wodomierzy zgłoszonych do urzędowej ekspertyzy, posiada dla jej wyników poważne znaczenie.

Jak z dotychczasowej praktyki wynika, urządzenia do sprawdzania wodomierzy amortyzują się całkowicie w ciągu dwu do trzech lat.

## 10. Organizacja biurowości

Sprawna organizacja biurowa ułatwia wykonywanie nadzoru technicznego nad wodomierzami i zmniejsza koszty, związane z naprawą, wzorcowaniem i legalizacją wodomierzy. Systematyczne i przejrzyste zestawianie wyników badań ułatwia wybór właściwych typów wodomierzy, a zestawienie objętości zużytej wody w poszczególnych miesiącach umożliwia usuwanie z sieci wodomierzy, pracujących w niewłaściwych warunkach zapotrzebowania wody.



Ulica:	Nr. orient.	Nr. hip.
--------	-------------	----------

Nazwisko i adres właściciela posesji:

Wodomierz

Data wstawienia	Nr. inw.	Q s/h	Stan	Data wyjęcia	Stan

Odczyty stanów liczydła

Miesiąc	Rok 193			Rok 193		
	Data	Stan	Objętość wody	Data	Stan	Objętość wody
I						
II						
III						
IV						
V						
VI						
VII						
VIII						
IX						
X						
XI						
XII						



System organizacji biurowości zależy przede wszystkim od ilości wodomierzy i systemu opłat za zużytą wodę. Dlatego też podajemy jeden z możliwych przykładów.

Kontrola ruchu wodomierzy powinna być oparta na prowadzeniu: 1. głównej książki inwentarzowej, 2. kartoteki wodomierzy, i 3. kartoteki nieruchomości.

Główna *księga inwentarzowa*, do której należy wpisywać nowo nabyte wodomierze, powinna zawierać następujące pozycje: 1. L. p., 2. Nr. inwentarza, 3. nazwę wytwórni, 4. oznaczenie systemu i typu, 5. średnicę nominalną w *mm*, 6. przepuszczalność nominalną w *s/h*, 7. bieżący numer fabryczny, 8. datę dostarczenia wodomierza, 9. datę odbioru technicznego wodomierza, i 10. uwagi.

*Kartoteka wodomierzowa* (p. wzór na str. 254) powinna zawierać w górnej części pozycje, umożliwiające identyfikację wodomierza, datę legalizacji i stan wodomierza po nadejściu z wytwórni; rubryki dolnej części powinny być podzielone na szereg kolumn, zawierających: 1. datę sprawdzania, 2. wyniki sprawdzania, 3. datę legalizacji oraz 1. datę wbudowania, 2. stan liczydła, 3. miejsce wbudowania, 4. datę wyjęcia, i 5. stan liczydła. W rubryce „Znak syst. i typu” należy wpisywać symbol wodomierza w postaci np. *WS-S-ZK*, a w rubryce „Znak typu” — znak, ustalony przy aprobacie typu przez *Główny Urząd Miar*.

Górne obrzeża kart mogą być podzielone na szereg pól, z których każde odpowiada okresowi rocznemu. Odcinanie pól, odpowiadających okresom pracy wodomierza w sieci lub okresom ważności cechy legalizacyjnej, ułatwia prowadzenie ewidencji ruchu wodomierzowego.

Aby umożliwić szybkie obliczenie ilości wodomierzy w sieci i w naprawie, kartki przynależne do kartoteki wodomierzowej można wkładać do oddzielnych szufladek.

*Kartoteka nieruchomości* (p. wzór na str. 255), zaopatrzonych w wodomierze, powinna obejmować następujące pozycje: 1. nazwę ulicy, 2. Nr. orj., 3. Nr. hipoteczny, 4. nazwisko właściciela i jego adres, 5. datę wstawienia wodomierza, 7. przepuszczalność nominalną w *s/h*, 8. stan wodomierza początkowy, 9. data wyjęcia, 10. stan końcowy, a pozatem 12 rubryk, zawierających dane o zużyciu wody w poszczególnych miesiącach.

Poza główną książką inwentarzową i dwiema kartotekami są w użyciu różne formularze, deklaracje, zestawienia i t. p., ułatwiające prowadzenie gospodarki wodomierzowej.

Przy organizacji biurowości należy dążyć do prostoty, przejrzystości i możliwie małej liczby formularzy, stosowanych w codziennej praktyce.

## 11. Systemy obliczania opłat za zużytą wodę

Usiłowania, zmierzające do wynalezienia najwłaściwszego systemu opłat za wodę, mają swoje odrębne i dość ciekawe dzieje.

Mimo, iż woda jest czynnikiem niezbędnym do życia, warunki korzystania z urządzeń wodociągowych nawet w dawnych czasach różniły się od siebie wielce. Gdy ujęcie wody nie wymagało większych wkładów inwestycyjnych i dopływ wody do miasta był obfity, wówczas najczęściej ludność korzystała ze studni ulicznych, nie uiszczając żadnych opłat. Gdy natomiast uzyskanie odpowiedniej ilości wody natrafiało na trudności i pociągało za sobą poważniejsze koszty, opłaty za korzystanie z urządzeń wodociągowych były wysokie, a uzyskanie połączenia domowej instalacji wodociągowej z siecią było obwarowane specjalnymi kontraktami, ograniczającymi wysokość konsumpcji.

Powstawanie *zakładów wodociągowych planowych* przypada na pierwszą połowę XIX wieku. W okresie tym, w miarę rozwoju techniki rosły w szybkim tempie miasta, które wskutek braku odpowiednich urządzeń wodociągowych były nawiedzane klęskami epidemii i pożarów. Władze miejskie, chcąc umożliwić powstanie wodociągów, dostarczających zdrową wodę do mieszkań, musiały w pierw przełamać opór ludności przeciw wprowadzeniu opłat za wodę i wciągnąć do świadczeń na rzecz wodociągu ogół mieszkańców. Z chwilą wprowadzenia opłat za wodę, która przestała być darem przyrody, a stawała się produktem, wymagającym kosztownych urządzeń technicznych, powstało zagadnienie sprawiedliwego rozdziału świadczeń za wodę, zużytą na potrzeby domowe, publiczne i przemysłowe. Dążenie do spełnienia powyższego postulatu było nicią przewodnią wszystkich systemów pobierania opłat za wodę.

Początkowo opłaty za zużytą wodę ustalono ryczałtowo, proporcjonalnie do ilości kurków czerpalnych, łazienek, koni, bydła i t. p., lub też w stosunku do powierzchni mieszkania, do czynszu dzierżawnego nieruchomości lub do wysokości komornego.

Systemy oddawania wody *à discrétion* bez względu na to, w jakiej formie były stosowane, prowadziły z reguły do marnotrawstwa wody i do zwiększenia zużycia jej do takich granic, iż rozwój urządzeń wodociągowych nie mógł za tym wzrostem nadążyć. W miarę jak zagadnienie zaopatrzenia ludności w wodę stawało się coraz trudniejsze do rozwiązania, dojrzał pogląd, iż jedynie oparcie wymiaru opłat na wskazaniach wodomierzy może stworzyć zdrowe warunki rozwoju zakładu wodociągowego.

Wprowadzenie wodomierzy niezawsze było równoznaczne z zaniechaniem pobierania opłat na innych podstawach. Niektóre zakłady wodociągowe dążyły bowiem do zapewnienia so-

bie pewnej stałej sumy dochodów niezależnie od wahań w zapotrzebowaniu wody, spowodowanych różnymi czynnikami j. np. zmianą ciepłoty w zależności od pory roku i t. p.

Systemy opłat, oparte na obciążeniu ludności pewnymi stałymi świadczeniami na rzecz zakładu wodociągowego oraz na stosowaniu wodomierzy, na podstawie których wyznacza się opłaty za wodę, użytą ponad pewną normę, nazywamy *systemami mieszanymi*. *Systemy mieszane* pobierania opłat polegają najczęściej na tem, iż ludność opłaca podatek wodociągowy, wyrażający się w odsetkach komornego lub też obliczany proporcjonalnie do powierzchni użytkowej mieszkania, niezależnie od ilości osób, zamieszkujących dany lokal. Gdy ilość wody, dostarczonej do danej nieruchomości przekracza objętość, wynikłą z pomnożenia, ustalonej przez zakład wodociągowy, normy zużycia dobowego (np. 50 l na dobę i mieszkańca) przez ilość mieszkańców, wówczas zakład wodociągowy pobiera za nadwyżkę, wykazaną przez wodomierz, opłatę, ustaloną przez miejscowe przepisy wodociągowe. Wodę używaną do celów przemysłowych lub zbytkowych oblicza się proporcjonalnie do wskazań wodomierzy według specjalnych stawek.

System wyżej opisany prowadzi do znacznego zróżniczkowania cen za wodę, przerzucając ciężary utrzymania zakładu wodociągowego na warstwy zamożniejsze, żyjące w lepszych warunkach mieszkaniowych. Wynika to stąd, iż podatek wodociągowy jest proporcjonalny do komornego lub do powierzchni mieszkania, a ilość wody, oddawanej przez zakład wodociągowy bez dodatkowych opłat, do ilości osób.

*Systemy mieszane* posiadają tę zasadniczą wadę, iż w niedostatecznej mierze ograniczają marnotrawstwo wody, a poza tem powodują wysokie koszty administracyjne wskutek złożonego sposobu obliczania opłat za wodę. Systemy te można stosować w pierwszych latach istnienia zakładu wodociągowego. Wówczas bowiem ilość połączeń domowych z siecią jest nieznaczna, a zużycie wody nawet w tych nieruchomościach, w których zaprowadzono instalację wodociągową, jest nieduże, ponieważ ludność wskutek niedogodności w dostarczeniu wody, spowodowanych czerpaniem wody ze studni i noszeniem jej do mieszkania, nawyka do oszczędności w jej używaniu. Gdyby zatem w pierwszych latach istnienia wodociągu wszyscy właściciele nieruchomości, lub przynajmniej właściciele posesyj, położonych przy ulicach zaopatrzonych w czynny rurociąg, nie byli pociągnięci do świadczeń na rzecz zakładu wodociągowego, wówczas dochody oparte jedynie na wskazaniach wodomierzy, nie starczyłyby nawet na opędzenie bieżących wydatków, a tembardziej na pokrycie kosztów, związanych z rozszerzeniem sieci wodociągowej i finansowaniem na warunkach kredytowych połączeń poszczególnych nieruchomości z siecią miejską.

*Systemy mieszane* mogą być zatem stosowane jako systemy przejściowe lub wyjątkowo jako systemy stałe w tych miejscowościach, w których istnieje możliwość zdobycia dużych ilości wody bez poważniejszych wkładów inwestycyjnych.

W okresie normalnej działalności zakładu wodociągowego najbardziej racjonalnym systemem pobierania opłat za wodę jest system, oparty na proporcjonalności opłat do wskazań wodomierzy. Jest to system, stosowany powszechnie we wszystkich cywilizowanych krajach. Jedynie ten system może zapobiec skutecznie marnotrawstwu wody i zapewnić zakładowi wodociągowemu normalny rozwój. Twierdzenie powyższe znalazło swój pełny wyraz w polskim ustawodawstwie wodociągowym, które przewiduje, iż „raz wprowadzone pobieranie opłat za wodę według wskazań wodomierzy nie może być zastąpione pobieraniem opłat ryczałtowych”.

Konieczność wprowadzenia systemu wodomierzowego najbardziej narzuca się w tych miastach, w których mieszkańcy korzystają od szeregu lat z domowych urządzeń wodociągowych i wskutek istnienia systemu opłat ryczałtowych nawykli do marnotrawstwa wody.

System powyższy ma jednakże tę jedną wadę, iż nie zabezpiecza interesów zakładu wodociągowego przy pomiarze wody, dostarczanej do domków jednorodzinnych, szczególnie wówczas, gdy odbiorca wody świadomie działa na szkodę zakładu wodociągowego przez podstawianie na noc naczyń odpowiedniej objętości i otwieranie kurka w ten sposób, by wypływ wody odbywał się kroplami. Straty te nie grają jednakże w bilansie strat poważniejszej roli i maleją w miarę postępów w produkcji wodomierzy.

## **12. Odpowiedzialność odbiorcy wody za stan wodomierza**

*Prawo o miarach* nakłada na zakłady wodociągowe obowiązek stosowania w obrocie publicznym wodomierzy, odpowiadających postanowieniom Dekretu o miarach.

Zakłady wodociągowe, chcąc zapewnić wodomierzowi właściwe warunki działania i zabezpieczyć się przeciw roszczeniom lub przypadkowemu uszkodzeniu cech legalizacyjnych, powinny stworzyć warunki prawne, określające odpowiedzialność właściciela posesji za stan wodomierza.

Spełnienie tego postulatu jest możliwe wówczas, gdy warunki wbudowania wodomierza wykluczają możliwość przypadkowego uszkodzenia plomby legalizacyjnej oraz gdy istnieją *miejscowe przepisy wodociągowe*, określające odpowiedzialność właściciela nieruchomości za stan wodomierza.

Zagadnienie prawidłowych warunków wbudowania nie jest dotychczas rozwiązane w sposób zadowalający, a stosunek prawny pomiędzy zakładem wodociągowym a właścicielem posesji jest unormowany w sposób właściwy tylko w niektórych miastach.

*Sposób wbudowania* wodomierza powinien odpowiadać poniższym zasadom:

Wodomierz powinien znajdować się w oddzielnym pomieszczeniu, do którego dostęp może mieć tylko właściciel posesji oraz upoważnione przez niego osoby. Klucz od drzwi, oddzielających pomieszczenie w którym znajduje się wodomierz od innych pomieszczeń, powinien znajdować się u właściciela posesji lub zarządcy, tak by poza funkcjonariuszami zakładu wodociągowego nikt niepowołany nie miał dostępu do wodomierza. Wodomierz powinien być umieszczony w miejscu dostępnym, tak by odczytanie jego stanu było możliwe. W razie możliwości zalania pomieszczenia przez wody zaskórne wodomierz należy umieścić w studziencie, wykonanej z betonu nieprzepuszczalnego i tak wysokiej, by zalanie jej było wyłączone. Studzienka powinna posiadać takie wymiary, by umieszczenie w niej wodomierza oraz zaworów, a zarazem odczytanie stanu wodomierza było możliwe.

Gdy umieszczenie wodomierza w oddzielnym pomieszczeniu jest niemożliwe, wówczas można wodomierz umieścić w studziencie, zaopatrzonej w pokrywę, lub też w puszcze, osadzonej na wsporniku ściennym. Dostęp do wnętrza studzienki powinien być zabezpieczony zamkiem lub kłódką.

Po wstawieniu wodomierza stan jego oraz stan plomb legalizacyjnych powinien być stwierdzony protokularnie, a właściciel posesji powinien podpisać zobowiązanie, iż przyjmuje odpowiedzialność za każde uszkodzenie zewnętrzne wodomierza i za naruszenie plomb legalizacyjnych.

### **Miejscowe przepisy wodociągowe.**

(Wzjątki z wzoru miejscowych przepisów o zaopatrywaniu ludności w wodę oraz o usuwaniu nieczystości i wód opadowych, zaleconego okólnikiem Nr. 64 Ministerstwa Spraw Wewnętrznych z dnia 28 kwietnia 1934 r.).

#### **§ 11.**

Właściciel nieruchomości... odpowiada za każde zewnętrzne uszkodzenie wodomierza... Właściciel powinien niezwłocznie... o każdym zauważonym uszkodzeniu wodomierza zawiadomić Zarząd miasta.

#### **§ 15.**

...Opłaty za wodę zużyta dla celów domowych pobiera Zarząd miasta według swego uznania ryczałtowo lub według miesięcznych wskazań wodomierzy.

Opłaty ryczałtowe nie mogą być pobierane dłużej niż 3 lata od daty połączenia nieruchomości z wodociągiem gminnym.

Raz wprowadzone pobieranie opłat za wodę według wskazań wodomierzy nie może być zastąpione pobieraniem opłat ryczałtowych.

Celem kontroli pobierania wody przysługuje Zarządowi miasta prawo wstawienia wodomierza do każdego połączenia domowego...

#### § 16.

Opłaty za wodę, używaną dla celów przemysłowych, będą pobierane według specjalnych stawek, przewidzianych w taryfie.

#### § 17.

Opłatę za wodę i za korzystanie z wodomierza uiszcza właściciel nieruchomości co miesiąc.

O ile w poszczególnych mieszkaniach są oddzielne wodomierze, Zarząd miasta może pobierać opłaty za wodę bezpośrednio od odnośnych lokatorów.

Odpowiedzialność za zniszczenie lub uszkodzenie wodomierza wynikłe z winy użytkownicy ponoszą właściciel nieruchomości (ust. 1) lub lokator (ust. 2).

Pracownicy miejscy, odczytują wskazania wodomierza, w obecności osób odpowiedzialnych za jego uszkodzenie lub ich pełnomocników albo członków rodziny.

Gdyby z winy właściciela nieruchomości z powodu braku dostępu do wodomierza dwa razy z rzędu nie można było dokonać odczytu, koszt trzeciego odczytu i następnych ponosi właściciel nieruchomości.

Plomby<sup>1)</sup> przy wodomierzach mogą być zdejmowane tylko przez pracowników Zarządu miasta.

#### § 20.

Czasowe nieużywanie wody nie zwalnia właściciela nieruchomości od stałej miesięcznej opłaty za wynajem wodomierza ogólnego.

#### § 21.

W razie wątpliwości co do prawidłowego działania wodomierza może właściciel nieruchomości zażądać sprawdzenia wodomierza, wpłacając do kasy Zarządu miasta na koszt badania kwotę, ustaloną w taryfie.

Koszt tego sprawdzenia ponosi właściciel nieruchomości, o ile wodomierz wykazuje błędy w granicach ustalonych przez Główny Urząd Miar<sup>1)</sup>.

W razie przekroczenia tych granic, koszt sprawdzenia ponosi Zarząd miasta, przyczem w tym wypadku w następnym okresie obrachunkowym potrąca się w rachunku sumę, wpłaconą na koszt sprawdzenia wodomierza oraz potrąca się lub

<sup>1)</sup> Chodzi oczywiście o plomby, zakładane przez pracowników zakładu wodociągowego, a nie o plomby legalizacyjne.

<sup>2)</sup> Ustęp ten powinien być zredagowany w sposób następujący: Koszt ekspertyzy ponosi właściciel nieruchomości, gdy wodomierz okaże się rzetelny lub też gdy jego błędy wskazań przekraczają in minus granice uchybień obiegowych, ustalonych przez Ministra Przemysłu i Handlu.

dolicza koszt wody, błędnie wykazanej bądź niewykazanej przez wodomierz w ostatnim okresie obrachunkowym.

## § 22.

Jeżeli przy pobieraniu opłat za wodę według wskazań wodomierza okazało się, że wodomierz działa wadliwie i zachodzi obawa, że nie wskazał w danym miesiącu ilości rzeczywiście pobranej wody, to ilość ta powinna być obliczona na podstawie przeciętnej, otrzymanej według wskazań wodomierza za 2 miesiące: poprzedzający zepsucie się wodomierza i następujący po wstawieniu nowego wodomierza.

## 13. Zakończenie

Ponieważ racjonalna *gospodarka wodomierzowa* stanowi jeden z podstawowych czynników gospodarki wodociągowej, przeto powinny być stworzone warunki zapewniające możliwość utrzymywania wodomierzy w należytych stanie. Opłaty za wynajem wodomierzy powinny być, ustanawiane w takiej wysokości, by w ciągu lat dziesięciu pokryły koszty nabycia wodomierza oraz koszty trzykrotnego wybudowania go z sieci, połączonego z gruntowną naprawą i legalizacją. Opłaty te powinny wpływać na t. zw. *fundusz wodomierzowy*, przeznaczony tylko na wydatki związane z konserwacją i nadzorem technicznym wodomierzy.

Jeżeli sumy, przeznaczone na konserwację wodomierzy są niewystarczające, wówczas stan wodomierzy ulega pogorszeniu, co powoduje wzrost różnicy pomiędzy ilością wody tłoczonyj do sieci, a ilością wody mierzonej przez wodomierze użytkowe. Pogarszająca się z biegiem czasu dokładność wskazań wodomierzy powoduje spadek dochodów zakładu wodociągowego, a więc efekt wprost przeciwny zamierzeniom oszczędnościowym.

# PRZEPISY I INSTRUKCJE WODOMIERZOWE

opracował inż.-mech. A. T. Troskolaniski.

Obecnie obowiązujące przepisy o warunkach legalizowania wodomierzy (POM poz. 2,743) oraz instrukcja o sposobie sprawdzania wodomierzy (POM poz. 3,742) odnoszą się właściwie tylko do wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych. Wodomierze innych systemów, a w szczególności wodomierze sprzężone, są legalizowane na podstawie okólników Dyrektora Głównego Urzędu Miar, odbiegających znacznie od obowiązujących przepisów.

Ustępy, odnoszące się do *wodomierzy silnikowych* oparłem na artykule moim p. t. „O projektowanych zmianach w przepisach wodomierzowych” opublikowanym w 1933 r., a ustępy o *wodomierzach Venturi'ego* na wynikach własnych doświadczeń, przeprowadzanych przy odbiorach technicznych wodomierzy tego systemu.

Rozdział ten umożliwi w okresie, poprzedzającym wydanie nowych przepisów i instrukcji wodomierzowych, wzorcowanie wodomierzy przed zgłoszeniem ich do legalizacji.

Ze względu na szczupłość miejsca materiały, zawarty w niniejszej części, odnosi się wyłącznie do wodomierzy legalnych. Pominąłem natomiast okólniki GUM, traktujące o wodomierzach przechodnio-legalnych.

## I. Postanowienia ogólne prawa o miarach

### 1. Wymagania, którym powinny odpowiadać wodomierze, stosowane w obrocie publicznym

*Wodomierze*, używane w obrocie publicznym do pomiaru objętości wody, muszą być *legalizowane, legalne i rzetelne*.

*Legalizacja wodomierzy* polega na przepisowem sprawdzeniu ich i o cechowaniu przez *Władze Administracji Miar*.

W sieć wodociągową można włączać jedynie wodomierze *legalizowane* przez urzędy miar, a więc wodomierze wyjęte z sieci, bez względu na to, czy będą oddane do naprawy, czy też nie, nie mogą być włączane w sieć bez ważnej (niewygasłej) cechy urzędu miar (art. 14 Dekretu o miarach z dnia 8. II. 1919 r. Dz. U. R. P. r. 1928 poz. 661).

*Legalizacja wodomierzy* odbywa się najczęściej w t. zw. *prywatnych punktach legalizacyjnych*, t. j. w uwierzytelnionych przez *Główny Urząd Miar* pracowniach sprawdzania wodomierzy, należących do zakładów wodociągowych, wytwórni wodomierzowych lub też do zakładów reparacyjnych.

*Wodomierze* są *legalne*, jeżeli bez względu na swoje uchybienia odpowiadają wymaganiom przepisów o warunkach legalizowania wodomierzy. A zatem jedynie wodomierze, których typ uzyskał aprobatę *Głównego Urzędu Miar*, można używać w obrocie publicznym i wskazania ich przyjmować za podstawę obliczania opłat za zużyłą wodę.



Przy nabywaniu wodomierzy, których typ nie uzyskał jeszcze aprobaty, należy żądać od wytwórni świadectw legalizacji lub częściowych odpisów rejestrów wodomierzy, uwierzytelnionych przez Władze *Administracji Miar* lub inne powołane do tych czynności urzędy. *Legalność wodomierza* stwierdza pozatem: a) nienaruszona plomba legalizacyjna, b) cecha urzędu wybita na wodomierzu (ob. POM poz. 3,72/1).

Oprócz *wodomierzy legalnych*, mogą być używane w obrocie publicznym t. zw. *wodomierze przechodnio-legalne* (ob. POM poz. 2,745/1). Są to wodomierze, które w chwili ogłoszenia przepisów o warunkach legalizowania wodomierzy znajdowały się na składzie u sprzedawców tych przyrządów lub też były w użyciu w obrocie publicznym i po ogłoszeniu przepisów wodomierzowych zostały zarejestrowane przez ich właścicieli w okręgowych urzędach miar. *Wodomierze przechodnio-legalne* będą mogły być używane w obrocie publicznym aż do odwołania.

Odwołanie to nastąpiłoby wówczas, gdyby praktyka wykazała, iż wodomierze typów przestarzałych wskazują z biegiem czasu na niekorzyść odbiorców wody lub też gdyby wcześniejsze wycofanie wodomierzy przechodnio-legalnych okazało się konieczne ze względu na stan gospodarczy zakładów wodociągowych. W interesie zakładów wodociągowych leży jak najszybsze wycofanie z obiegu wodomierzy, nie należących do typów nowoczesnych, zgłoszonych w *Głównym Urzędzie Miar* celem aprobaty. Wodomierze te wskutek szybko wzrastającej niedokładności wskazań zwiększają straty zakładu wodociągowego. Naprawa ich jest częstokroć tak kosztowna, iż lepiej opłaca się nabycie nowego wodomierza.

*Wodomierze są rzetelne*, jeśli ich uchybienia nie przekraczają granic *uchybień obiegowych*, ustalonych przez *Ministra Przemysłu i Handlu*. Granice uchybień obiegowych wynoszą 6% (Rozporządzenie *Ministra Przemysłu i Handlu* z dnia 17. V. 1933 r. o ustanowieniu uchybień obiegowych dla narzędzi mierniczych, znajdujących się w obrocie publicznym POM poz. 2,004/1).

## **2. Odpowiedzialność zakładu wodociągowego za stosowanie wodomierzy, nie odpowiadających postanowieniom Dekretu o miarach**

*Prawo o miarach* nakłada na zakłady wodociągowe obowiązek stosowania w obrocie publicznym wodomierzy *legalnych, legalizowanych i rzetelnych*.

Za stosowanie do rozrachunku z odbiorcami wody wodomierzy, nie odpowiadających postanowieniom art. 14 Dekretu o miarach, ponosi odpowiedzialność z art. 23 tegoż dekretu kierownik zakładu wodociągowego lub też kierownik instytucji, stosującej wodomierze w obrocie publicznym, bez względu na to, kto jest właścicielem wodomierza i jaka jest treść umowy między dostawcą a odbiorcą wody w sprawie nabycia wodomierza i starania się o jego legalizację (por. wyrok Sądu Najwyższego z dnia 24. II. 1932 r. II. 2 K. 1395/31).

Granice *uchybień legalizacyjnych* wynoszą dla wodomierzy zarówno przy legalizacji pierwotnej, jak i przy legalizacji następczej 2%, granice t. zw. *uchybień obiegowych*, stanowiące wyróżnik liczbowy rzetelności, są trzykrotnie szersze. Różnica pomiędzy temi granicami jest tak dobrana, by wodomierz pracujący w normalnych warunkach nie przekroczył w okresie ważności cechy granic uchybień obiegowych.

Władze *Administracji Miar* przy dokonywaniu nadzoru nad rzetelnością wodomierzy w obrocie publicznym uwzględniają tę okoliczność, iż wodomierze są przyrządami mierniczemi, które wskutek czynników przypadkowych, a więc niezależnych od zakładu wodociągowego mogą postradać swe zalety miernicze. Zarówno postępowanie wyjaśniające, jak też i postępowanie administracyjno-karne, przeprowadzone przez Władze *Administracji Miar*, odznacza się szczególną gruntownością w zbadaniu istotnego stanu rzeczy.

Zakład wodociągowy ponosi odpowiedzialność prawną za stosowanie w obrocie publicznym:

a) *wodomierzy nielegalnych*, t. zn. wodomierzy nie odpowiadających postanowieniom przepisów legalizacyjnych,

b) *wodomierzy nielegalizowanych* wówczas, gdy przeprowadzone dochodzenie wykazało, iż wodomierz został wbudowany w sieć w stanie nielegalizowanym lub gdy termin ważności legalizacji minął,

c) *wodomierzy (legalizowanych) nierzetelnych* lecz tylko na niekorzyść odbiorcy wody i tylko wtedy, gdy przeprowadzone dochodzenie wykaże, iż zakład wodociągowy stosował wodomierz mimo reklamacyj co do dokładności jego wskazań przez konsumenta.

Natomiast postępowanie administracyjno-karne będzie umarżane w następujących wypadkach:

a) jeżeli wodomierz został wbudowany w sieć wodociągową w stanie legalizowanym i w okresie ważności cechy legalizacyjnej została zerwana lub uszkodzona cecha legalizacyjna, a zarazem gdy przeprowadzone dochodzenie nie wykazało złej woli lub niedbalstwa zakładu wodociągowego;

b) jeżeli wodomierz jest legalizowany, lecz nierzetelny na niekorzyść zakładu wodociągowego;

c) jeżeli wodomierz jest legalizowany, lecz nierzetelny na niekorzyść odbiorcy wody, a zarazem gdy nierzetelność wodomierza została spowodowana czynnikami przypadkowymi, niezależnymi od zakładu wodociągowego, a nie złą wolą lub niedbalstwem.

Powyższy stan prawny wypływa z tezy, iż nikt nie może być karany za wykroczenia niezawinione. Oczywiście do postępów niezawinionych nie można zaliczać tych, które wynikły z niezajomości przepisów obowiązujących.

Tok postępowania przy załatwianiu zażaleń, wnoszonych przez odbiorców wody, określa w sposób szczegółowy okólnik *Głównego Urzędu Miar* o nadzorze nad wodomierzami, stosowanymi w obrocie publicznym (ZZA Og. Zb. 34/75 z dn. 23. VI. 1934).

## II. Projekty przepisów i instrukcyj wodomierzowych

### A. Przepisy wodomierzowe

#### 1. Przepisy ogólne

Typ wodomierza powinien być dopuszczony do legalizacji w trybie, ustalonym przez przepisy o trybie aprobowania wodomierzy.

Wodomierz, zgłoszony do legalizacji, powinien być wierną kopją wodomierza wzorowego.

Części ruchome wodomierza powinny znajdować się we wnętrzu *osłony*, wykonanej z brązu ( $d_n \leq 40 \text{ mm}$ ) lub żeliwa ( $d_n > 40 \text{ mm}$ ).

Osłony wodomierzy o średnicach nominalnych  $d_n \leq 40 \text{ mm}$  powinny być zaopatrzone w króćce gwintowane, a osłony wodomierzy większych rozmiarów w kołnierze.

Wodomierze silnikowe wszystkich systemów z wyjątkiem wodomierzy śrubowych powinny być zaopatrzone w *osadniki* lub *sita*, zabezpieczające części czynne wodomierza przed zanieczyszczeniami.

*Mechanizmy wodomierzowe* mogą być mokre lub suche.

Wodomierze mogą być zaopatrywane w *liczydła z obracającymi się wskazówkami* lub z *przeskakującymi cyframi*.

Najmniejsza działka w wodomierzach o przepuszczalności  $Q_n \leq 20 \text{ s/h}$  powinna odpowiadać nie więcej niż 1 l, w wodomierzach o przepuszczalnościach  $20 \text{ s/h} < Q_n \leq 500 \text{ s/h}$  — nie więcej niż 10 l, a w wodomierzach o przepuszczalnościach  $Q_n > 500 \text{ s/h}$  — nie więcej niż 100 l.

Wodomierze powinny być zaopatrzone w *urządzenia regulacyjne*. Regulacja wodomierza może być wewnętrzna lub zewnętrzna.

Wytrzymałość i szczelność wodomierza powinna być zupełna przy ciśnieniach, dochodzących do 10 at.

*Cechy legalizacyjne* można wyciskać na plombach, zawieszonych na drutach lub też wybijać na korkach, uniemożliwiających usunięcie urządzenia, zabezpieczającego przed dostępem do wnętrza wodomierza.

#### 2. Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze

##### Własności hydrauliczne i miernicze.

*Przepuszczalność rzeczywista* wodomierza skrzydełkowego pojedynczego powinna być równa lub większa od przepuszczalności nominalnej:

$$Q_r \geq Q_n.$$

Przy ruchu wody w kierunku normalnym błędy wskazań wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych powinny być zawarte w granicach od  $+2\%$  do  $-2\%$  i to w obszarach mierniczych, ograniczonych natężeniem przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10 m$  słupa wody i natężeniem stanowiącym  $1/10$  część przepuszczalności nominalnej (v. POM poz. 2,743).

Powyższe granice błędów obowiązują zarówno przy legalizacji pierwotnej, jak i następczej.

Przy ruchu wody w kierunku przeciwnym do normalnego kierunku przepływu błędy wskazań powinny być zawarte w granicach od  $+2\%$  do  $-10\%$ .

Projektowane warunki dokładności, którym powinny czynić zadość wodomierze skrzydełkowe pojedyncze, podaje tablica I.

Zasięg regulacji w wodomierzach skrzydełkowych pojedynczych przy natężeniu przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10 m$  słupa wody, powinien wynosić co najmniej  $6\%$ .

Zasadniczy okres ważności cechy legalizacyjnej trwa 4 lata.

#### **Dopuszczalne obciążenia.**

Dopuszczalne obciążenia wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych o przepuszczalnościach od  $3,0 s/h$  do  $150 s/h$  podano w tablicy II.

### **3. Wodomierze śrubowe pojedyncze**

#### **Własności hydrauliczne i miernicze.**

Przy przepływie wody w kierunku normalnym błędy wskazań wodomierzy śrubowych powinny być zawarte w granicach od  $-2\%$  do  $+2\%$ .

Powyższe granice obowiązują zarówno przy legalizacji pierwotnej, jak i przy legalizacji następczej.

Przy ruchu wody w kierunku przeciwnym do normalnego kierunku przepływu błędy wskazań wodomierzy śrubowych powinny być zawarte w granicach od  $+2\%$  do  $-10\%$ .

Przepuszczalność teoretyczna wodomierza śrubowego nie powinna być mniejsza od przepuszczalności nominalnej:

$$Q_t \geq Q_n.$$

Obszary miernicze, w których błędy wskazań nie powinny przekraczać granic dopuszczalnych, są określone w tablicach liczbowych III i IV.

Zasadniczy okres ważności cechy legalizacyjnej trwa 4 lata.

#### **Dopuszczalne obciążenia.**

Dopuszczalne obciążenia wodomierzy śrubowych pojedynczych podano w tablicach V i VI.

Zasadniczy okres ważności cechy legalizacyjnej dla wodomierzy śrubowych trwa 4 lata.

Projekt

## Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze

Tablica I

Warunki dokładności

Przepuszczaln. nomin.	$Q_n$ s/h		Warunki dokładności										Legalityzacja		
	$d_n$ mm	$Q_s$ s/h	3	5	7	10	20	30	40	50	70	130		150	
Średnica nominalna	$d_n$ mm	$Q_s$ s/h	3	5	7	10	20	30	40	50	65	80	100	125	150
			Obciążenie szczytowe	3	5	7	10	20	30	40	50	70	130	150	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ l/h	$Q_a$ % $Q_n$	150	250	350	500	1000	1500	2000	2500	3500	6500	7500		
			mierniczego	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
Rozruch	$Q_e$ l/h	$Q_e$ % $Q_n$	30	50	70	100	200	300	400	500	700	1300	1500		
			mierniczego	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_n}$	$\xi = \frac{Q_a}{Q_n}$	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20		
			mierniczy	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	1/20	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ l/h	$Q_a$ % $Q_n$	300	500	700	1000	2000	3000	4000	5000	7000	13000	15000		
			mierniczego	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Rozruch	$Q_e$ l/h	$Q_e$ % $Q_n$	60	100	140	200	400	600	800	1000	1400	2600	3000		
			mierniczego	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_n}$	$\xi = \frac{Q_a}{Q_n}$	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10		
			mierniczy	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	

na-  
stępcza

Przepuszczalność nomin.	$Q_n$ s/h	3	5	7	10	20	30	40	50	70	130	150
Średnica nominalna	$d_n$ mm	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125	150
Najwyższe dopuszczalne obciążenie	$Q_s$ s/h	3	5	7	10	20	30	40	50	70	130	150
	$\Delta h$ m	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dopuszczalne obciążenie godzinne	$Q_h$ s/h	1,5	2,5	3,0	5	10	15	20	25	35	65	75
	$\Delta h$ m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Dopuszczalne obciążenie dobowe	$Q_d$ s/24h	6	10	14	20	40	60	80	100	140	260	300
	$Q_d$ s/h	0,25	0,416	0,583	0,833	1,66	2,5	3,33	4,16	5,83	10,83	12,5
Dopuszczalne obciążenie miesięczne	$Q$ s/mc	90	150	210	300	600	900	1200	1500	2100	3900	4500
	$Q$ s/h	0,125	0,208	0,291	0,416	0,833	1,25	1,66	2,08	2,91	5,416	6,25

Projekt

## Wodomierze śrubowe pojedyncze

Tablica III

o przepuszczalności nominalnej  $Q_n \leq 500$  s/h

Warunki dokładności

Przepuszczaln. nomin. Najwyższe dopuszczalne obciążenie	$Q_n$ s/h	75	100	200	250	300	400	500	Legalizacja
	$Q_s$ s/h	37,5	50	100	125	150	200	250	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ s/h	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	pierwotna
	$Q_a$ % $Q_n$	3,33	3,0	2,0	1,8	1,66	1,5	1,4	
	$Q_e$ s/h	1,0	1,2	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	
Rozruch	$Q_e$ % $Q_n$	1,33	1,2	0,8	0,72	0,66	0,6	0,56	pierwotna
	$\xi = \frac{Q_a}{Q_s}$	1/15,0	1/16,6	1/25	1/27,7	1/30,0	1/33,3	1/35,7	
	$Q_a$ s/h	5,0	6,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ % $Q_n$	6,66	6,0	4,0	3,6	3,33	3,0	2,8	następca
	$Q_e$ s/h	2,0	2,4	3,2	3,6	4,0	4,8	5,6	
	$Q_e$ % $Q_n$	2,66	2,4	1,6	1,44	1,33	1,2	1,12	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_s}$	1/7,5	1/7,5	1/12,5	1/13,85	1/15,0	1/16,6	1/17,8	następca

o przepuszczalności nominalnej  $Q_n > 500$  s/h

Warunki dokładności

	$Q_n$ s/h	800	1000	1200	2000	3000	4000	5000	8000	10000	Legali- zacja
		320	400	480	800	1200	1600	2000	3200	4000	
Przepuszczaln. nomin.	$Q_n$ s/h	10,0	12,5	15,0	25,0	37,5	50,0	62,5	100,0	125,0	
Najwyższe dopusz- czalne obciążenie	$Q_s$ s/h	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ s/h	4,0	5,0	6,0	10,0	15,0	20,0	25,0	40,0	50,0	
Rozruch	$Q_e$ s/h	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_s}$	1/32	1/32	1/32	1/32	1/32	1/32	1/32	1/32	1/32	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ s/h	20,0	25,0	30,0	50,0	75,0	100,0	125,0	200,0	250,0	
Rozruch	$Q_e$ s/h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Obszar mierniczy	$\xi = \frac{Q_a}{Q_s}$	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	

pierwotna

następcza



o przepuszczalności nominalnej  $Q_n \leq 500$  s/h

Obciążenia dopuszczalne

Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	75	100	200	250	300	400	500
	Najwyższe dopuszczalne obciążenie	$Q_s$ s/h	37,5	50	100	125	150	200
	$\Delta h$ m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	$Q_h$ s/h	18,75	25	50	62,5	75	100	125
Dopuszczalne obciążenie godzinne	$\Delta h$ m	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625	0,625
	$Q_{d_2}$ s/10h	150	200	400	500	600	800	1000
	$Q_{d_2}$ s/h	15	20	40	50	60	80	100
Dopuszczalne obciążenie dobowe przy 10 godz. ruchu	$Q_{d_1}$ s/24h	300	400	800	1000	1200	1600	2000
	$Q_{d_1}$ s/h	12,5	16,6	33,4	41,6	50,0	66,6	83,3
Dopuszczalne obciążenie miesięczne przy 10 godz. ruchu	$Q_{i_2}$ s/mc	3000	4000	8000	10000	12000	16000	20000
	$Q_{i_2}$ s/h	10	13,3	26,6	33,3	40,0	53,3	66,6
Dopuszczalne obciążenie miesięczne przy 24 godz. ruchu	$Q_{i_1}$ s/mc	6000	8000	16000	20000	24000	32000	40000
	$Q_{i_1}$ s/h	8,3	11,1	22,2	27,8	33,3	44,4	55,5

o przepuszczalności nominalnej  $Q_n > 500$  s/h

Obciążenia dopuszczalne

Przepuszczalność nominalna	$Q_n$ s/h	800	1000	1200	2000	3000	4000	5000	8000	10000
Najwyższe dopuszczalne obciążenie	$Q_s$ s/h	320	400	480	800	1200	1600	2000	3200	4000
	$\Delta h$ m	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Dopuszczalne obciążenie godzinne	$Q_h$ s/h	160	200	240	400	600	800	1000	1600	2000
	$\Delta h$ m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Dopuszczalne obciążenie dobowe przy 10 godz. ruchu	$Q_{d_2}$ s/10h	1200	1500	1800	3000	4500	6000	7500	12000	15000
	$Q_{d_2}$ s/h	120	150	180	300	450	600	750	1200	1500
Dopuszczalne obciążenie dobowe przy 24 godz. ruchu	$Q_{d_3}$ s/24h	2400	3000	3600	6000	9000	12000	15000	24000	30000
	$Q_{d_3}$ s/h	100	125	150	250	375	500	625	1000	1250
Dopuszczalne obciążenie miesięczne przy 10 godz. ruchu	$Q_{1_2}$ s/mies.	24000	30000	36000	60000	90000	120000	150000	240000	300000
	$Q_{1_2}$ s/h	80	100	120	200	300	400	500	800	1000
Dopuszczalne obciążenie miesięczne przy 24 godz. ruchu	$Q_{1_3}$ s/mies.	48000	60000	72000	120000	180000	240000	300000	480000	600000
	$Q_{1_3}$ s/h	66,6	83,3	100	166,6	250,0	333,3	416,6	666,6	833,3

#### 4. Wodomierze silnikowe sprzężone

##### Warunki legalności.

Z pośród różnych systemów, opisanych w części VII, następujące systemy *wodomierzy sprzężonych* będą dopuszczane do legalizacji pierwotnej:

1. wodomierze sprzężone skrzydełkowe o połączeniu szeregowym, zaopatrzone w odciążony zawór klapowy WS-S-ZK, oraz
2. wodomierze sprzężone śrubowe o połączeniu szeregowym, zaopatrzone w odciążony zawór klapowy (zawór kulowo-klapowy lub zawór klapowy z odciążeniem przegubowo-dźwigniowym) WM-S-ZK.

##### Własności hydrauliczne i miernicze.

*Przepuszczalność rzeczywista* wodomierza sprzężonego skrzydełkowego powinna być większa lub równa przepuszczalności nominalnej, podanej na wodomierzu:

$$Q_r \geq Q_n.$$

*Przepuszczalność teoretyczna* wodomierza sprzężonego śrubowego, zaopatrzonego w odciążony zawór klapowy, powinna wynosić co najmniej 9/10 przepuszczalności nominalnej, podanej na wodomierzu.

Przepuszczalności nominalne wodomierzy: głównego i bocznego powinny być tak dobrane, by ich obszary miernicze przekinały się wzajemnie, przy czym powinien być spełniony warunek:  $q_a \geq q_h$ .

*Błędy wskazań* wodomierzy sprzężonych, zgłaszanych do legalizacji pierwotnej powinny być zawarte w granicach od  $-2\%$  do  $+2\%$ , a błędy wskazań wodomierzy, zgłaszanych do legalizacji następczej — w granicach od  $-3\%$  do  $+3\%$ .

*Obszar mierniczy* wodomierzy sprzężonych powinien być ciągły, a zatem przy wszystkich natężeniach przepływu, zawartych pomiędzy obciążeniem szczytowym, a dolną granicą dokładności, *błędy wskazań* wodomierza sprzężonego nie powinny przekraczać granic dopuszczalnych.

Wartość dolnej granicy obszaru mierniczego i rozruchu dla wodomierzy sprzężonych zestawiono w tablicy VII.

*Obszar mierniczy* wodomierzy WS-S-ZK powinien być ograniczony natężeniem przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10 m$  słupa wody oraz natężeniami przepływu, nie większemi od natężeń, zestawionych w tablicy VII.

*Obszar mierniczy* wodomierzy WM-S-ZK powinien być ograniczony natężeniem przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 5 m$  słupa wody w obrębie wodomierza, oraz natężeniami, nie większemi od natężeń zestawionych w tablicy VII.

*Zasięg regulacji* w wodomierzach sprzężonych przy natężeniu przepływu, odpowiadającym najwyższemu dopuszczalnemu obciążeniu, powinien wynosić co najmniej 4%.

Projekt	Wodomierze sprzężone							Tablica VII
Warunki dokładności								
Przepuszczalność nominalna wodomierza bocznego	$q'n$ s/h	3,0	5,0	7,0	10,0	20,0	30,0	Legalizacja
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ l/h	200	300	400	500	1000	1500	pierwotna
Rozruch	$Q_o$ l/h	100	150	200	250	500	750	
Dolna granica obszaru mierniczego	$Q_a$ l/h	400	600	800	1000	2000	3000	następcza
Rozruch	$Q_o$ l/h	200	300	400	500	1000	1500	

## Cechowanie.

*Cechowanie* wodomierzy sprzężonych powinno:

1. zabezpieczać niezmiennosć układu, złożonego z wodomierza głównego, kolumny wodomierzowej i wodomierza bocznego,
2. uniemożliwiać dostęp do wnętrza wodomierzy oraz do wnętrza kolumny, zawierającej wspólny mechanizm liczydła.

Zasadniczy okres ważności cechy dla wodomierzy sprzężonych trwa 2 lata.

## 5. Wodomierze Venturi'ego

### Własności hydrauliczne i miernicze.

*Spadek ciśnienia mierniczy*, odpowiadający maksymalnemu natężeniu przepływu, powinien być zawarty w granicach:

$$1,0 \text{ m} \leq \Delta h \leq 10 \text{ m s\kappa\upsilon\pi\alpha wody.}$$

Zaleca się stosowanie maksymalnych spadków ciśnienia mierniczych, zawartych w granicach od 2,0 do 6,0 m s\kappa\upsilon\pi\alpha wody.

*Strata ciśnienia trwała* w wodomierzach Venturi'ego, zaopatrzonych w dyluzory zwykle, o średnicach nominalnych  $D_n \leq 100 \text{ mm}$  nie powinna przekraczać  $\frac{1}{5}$  części spadku ciśnienia mierniczego,

w wodomierzach o średnicach  $100 \text{ mm} < D_n \leq 500 \text{ mm} - 1/8$ , a w wodomierzach o średnicach  $D_n > 500 \text{ mm} - 1/10$  części spadku ciśnienia mierniczego.

*Strata ciśnienia* w wodomierzach *Venturi'ego*, zaopatrzonych w dyfuzory uskokowe, o średnicach nominalnych  $D_n \leq 250 \text{ mm}$  nie powinna przekraczać  $1/4$  części spadku ciśnienia mierniczego, w wodomierzach o średnicach  $250 \text{ mm} < D_n \leq 500 \text{ mm} - 1/6$ , a w wodomierzach o średnicach  $D_n > 500 \text{ mm} - 1/8$  części spadku ciśnienia mierniczego.

*Obszar mierniczy* wodomierzy *Venturi'ego* powinien być ograniczony najwyższym natężeniem przepływu oraz natężeniem, nie większym od natężeń, zestawionych poniżej:

$\Delta h \quad m$	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0
$\frac{Q_a}{Q_{max}}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$

*Uchybienia przyrządu wskazującego mechanicznego* powinny być zawarte w granicach, wyznaczonych dla poszczególnych natężeń przepływu z równania:

$$\epsilon_w \% = -2 \left( \frac{Q}{Q_m} \right) + 3$$

*Uchybienia przyrządu wskazującego elektrycznego* powinny być zawarte w granicach, określonych równaniem:

$$\epsilon_w \% = -4 \left( \frac{Q}{Q_m} \right) + 6$$

*Uchybienia wodomierzy Venturi'ego* (uchybienia przyrządów sumujących), zaopatrzonych w mechaniczne lub elektryczne przyrządy sumujące, powinny być zawarte w granicach, określonych równaniem:

$$\epsilon_l \% = -2 \left( \frac{Q}{Q_m} \right) + 4$$

Zasadniczy okres ważności cechy legalizacyjnej dla wodomierzy *Venturi'ego* wynosi dziesięć lat.

## B. Instrukcje wodomierzowe

### 1. Instrukcja ogólna o sposobie sprawdzania wodomierzy

Sprawdzenie wodomierza obejmuje: a) oględziny zewnętrzne, b) oględziny techniczne (szczegółowe) i c) badania hydrauliczne.

Przy przeprowadzaniu *badani hydraulicznych* należy przestrzegać następujących zasad:

1. *Badania hydrauliczne* powinny być przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych, możliwie zbliżonych do warunków pracy wodomierza w sieci wodociągowej.

2. Wodomierze powinny być sprawdzane pod takim w przybliżeniu ciśnieniem, pod jakim mają w przyszłości pracować.

3. *Błędy wskazań* wodomierza powinny być wyznaczone przez porównanie wskazań wodomierza ze wskazaniami z biornika mierniczego, odpowiadające w pełni postanowieniom przepisów o przyborach potrzebnych do legalizacji wodomierzy.

Inne metody wyznaczania błędów wskazań wodomierzy można stosować jedynie w pomiarach o charakterze przybliżonym.

4. Wodomierze powinny być sprawdzane w obszarach mierniczych, określonych dla poszczególnych systemów, typów i wielkości wodomierzy w szczegółowych przepisach legalizacyjnych.

5. Przy wszystkich natężeniach przepływu, stosowanych przy sprawdzaniu wodomierzy, należy przepuścić przez wodomierz co najmniej tyle wody, by w ciągu jednego pomiaru wskazówka na podziałce kołowej, odpowiadającej najmniejszym objętościom na tarczy liczbowej, wykonała dwa pełne obroty.

6. *Czas sprawdzania* wodomierza, bez względu na jego przepuszczalność, powinien wynosić co najmniej trzy minuty. Zasada powyższa odnosi się do tych natężeń przepływu, przy których wyznacza się błędy wskazań wodomierza.

7. *Najmniejsza objętość wody*, jaka przy sprawdzaniu przez wodomierz przepływa, powinna odpowiadać wysokości użytecznej zbiornika mierniczego, równej co najmniej 250 mm, bez względu na to, czy rozpoczęto sprawdzanie przy pustym, czy też przy częściowo napelnionym zbiorniku.

8. *Najmniejsze natężenie przepływu*, przy którym sprawdza się wodomierz celem wyznaczenia błędu wskazań, nie może być większe od natężenia, odpowiadającego dolnej granicy obszaru mierniczego.

Przy natężeniach przepływu, stanowiących część przepuszczalności nominalnej, a zarazem większych od dolnej granicy obszaru mierniczego, rzeczywiste natężenie przepływu może się różnić najwyżej o 10% od natężenia, przy którym wodomierz powinien być sprawdzony.

9. *Stany na tarczy liczbowej* wodomierza należy odczytywać z dokładnością do  $\frac{1}{10}$  działki elementarnej.

10. *Stany napelnienia* zbiornika mierniczego należy określać z dokładnością do  $\frac{1}{10}$  działki.

11. *Błędy wskazań* (względne) należy obliczać z dokładnością do 0,1%. A zatem błędy wskazań  $2,0\% < \epsilon \leq 2,05\%$  należy przyjmować równe 2%.

12. Okresy sprawdzania  $\tau \leq 30'$  należy mierzyć sekundomierzem; dłuższe okresy czasu można również mierzyć dobrze wyregulowanym zegarkiem.

Sprawdzanie wodomierza przy natężeniu przepływu, zachodzącym przy natężeniu przepływu  $\Delta h = 10 m$  słupa wody ma na celu:

a) stwierdzenie, czy przepuszczalność rzeczywista nie jest mniejsza od przepuszczalności nominalnej,

b) wyznaczenie błędów wskazań przy tem natężeniu przepływu.

Sprawdzenie wodomierzy przy natężeniach przepływu, będących częścią przepuszczalności nominalnej, ma na celu wyznaczenie błędów wskazań przy tych przepływach.

Sprawdzenie czułości wodomierza polega na wyznaczeniu wartości liczbowej natężenia przepływu, od którego począwszy wzwyż środkowa wskazówka wodomierzowa porusza się zdecydowanym ruchem ciągłym.

## 2. Wodomierze skrzydełkowe pojedyncze

Tablica VIII podaje natężenia przepływu, okresy sprawdzania i objętości wody, jakie wpływają do zbiornika mierniczego w czasie sprawdzania wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych o przepuszczalnościach nominalnych od 3 s/h do 150 s/h.

### Sprawdzanie szeregowe wodomierzy.

W ciąg mierniczy można włączać szeregowo wodomierze o tej samej przepuszczalności nominalnej i o tej samej średnicy nominalnej.

Ilość wodomierzy, wstawianych szeregowo w ciąg wodny, zależy od wartości liczbowej natężenia przepływu oraz od systemu wodomierza.

Najwyższe natężenie przepływu, przy którym możemy sprawdzać szeregowo wodomierze, nie powinno przekraczać 1,0 s/h.

Ilość wodomierzy skrzydełkowych wielostrumieniowych, wstawionych w szereg, nie powinna być większa od sześciu.

Ilość wodomierzy skrzydełkowych jednostrumieniowych, jakie możemy włączyć w szereg, podaje poniższa tabelka:

Q l/h	500	700	1000	> 1000
n	6	4	2	1

## 3. Wodomierze śrubowe pojedyncze

Sprawdzenie wodomierza śrubowego pojedynczego obejmuje:

- 1) wyznaczenie przepuszczalności teoretycznej  $Q_t$
- 2) wyznaczenie błędów wskazań przy natężeniach przepływu:  $Q_s$ ,  $Q_h$  i  $Q_a$ , oraz
- 3) określenie rozruchu wodomierza  $Q_e$ .

Przepuszczalność teoretyczną wodomierzy śrubowych pojedynczych o przepuszczalnościach  $Q_n \leq 500$  s/h wyznaczamy na podstawie wzoru:  $Q_t = 2 Q_s$

Warunki sprawdzania wodomierzy skrzydełkowych pojedynczych

Tablica VIII

Nateżenie przepływu		$Q_r$			$\frac{Q_n}{2}$ lub $\frac{Q_r}{2}$			$Q_a$				
Legalizacja	$Q_n$ s/h	pierwotna i następcza		$Q$ s/h	pierwotna		następcza		$V$ l			
		$t$ min	$V$ l		$Q$ l/h	$t$ min	$V$ l	$Q$ l/h		$t$ min		
3	15	4	200	1,5	8	200,0	150	80	200	300	40	200
5	20	3	250	2,5	5	208,3	250	48	200	500	24	200
7	25	3	350	3,5	4	233,3	350	36	200	700	18	200
10	30	3	500	5,0	3	250,0	500	24	200	1000	12	200
20	40	3	1000	10	3	500,0	1000	12	200	2000	6	200
30	50	4	2000	15	8	2000,0	1500	80	2000	3000	40	2000
40	65	3	2000	20	6	2000,0	2000	60	2000	4000	30	2000
50	80	3	2500	25	5	2083,3	2500	48	2000	5000	24	2000
70	100	3	3500	35	4	2333,3	3500	36	2100	7000	18	2100
130	125	3	6500	65	3	3250,0	6500	20	2166	13000	10	2166
150	150	3	7500	75	3	3750,0	7500	16	2000	15000	8	2000

Nateżenie przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 10$  m słupa wody



( $Q_s$  odpowiada natężeniu, jakie zachodzi przy stracie  $\Delta h = 2,5$  m słupa wody), a wodomierzy o przepuszczalnościach  $Q_n > 500$  s/h z wzoru:

$$Q_t = 2,5 Q_s,$$

gdzie  $Q_s$  oznacza natężenie przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 1,6$  m słupa wody.

Tablica IX podaje natężenia przepływu, okresy sprawdzania i objętości, jakie wpływają do zbiornika mierniczego w czasie sprawdzania wodomierzy śrubowych pojedynczych o przepuszczalnościach nominalnych od 75 s/h do 8000 s/h.

#### 4. Wodomierze silnikowe sprzężone

Przy sprawdzaniu *wodomierzy sprzężonych* o połączeniu szeregowym, zaopatrzonych we wspólny mechanizm liczydła, należy przepuścić co najmniej tyle wody, by środkowa wskazówka na tarczy głównej wykonała dwa pełne obroty.

Wyjątek od powyższej zasady stanowi sprawdzanie wodomierzy przy natężeniach przepływu, mniejszych od natężenia krytycznego  $Q_{k_1}$ .

W wodomierzach, zaopatrzonych we wspólny mechanizm liczydła z obracającymi się wskazówkami, wskazówka pomocnicza na tarczy bocznej powinna wykonać dwa pełne obroty, a w wodomierzach zaopatrzonych w liczydło z przeskakującymi cyframi środkowa wskazówka na tarczy głównej powinna wykonać co najmniej jeden pełny obrót.

Wyznaczenie *błędów wskazań* wodomierza sprzężonego o połączeniu szeregowym polega na wyznaczeniu różnicy pomiędzy objętością wskazaną na tarczy głównej a objętością, jaka w czasie sprawdzania wpłynęła do zbiornika mierniczego. Wskazaniami tarczy bocznej (kontrolnej) należy posługiwać się jedynie celem podwyższenia dokładności odczytu na tarczy głównej i to tylko przy tych natężeniach przepływu, przy których wspólny mechanizm liczydła jest uruchamiany przez wodomierz boczny.

*Przepuszczalność rzeczywistą* wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych wyznacza się w sposób bezpośredni, a *przepuszczalność teoretyczną* wodomierzy WM-S-ZK — sposobem pośrednim przez ekstrapolację charakterystyki przepływu, wyznaczonej doświadczalnie w obszarze, ograniczonym u góry obciążeniem szczytowem.

Nie można natomiast określać wartości liczbowej *przepuszczalności teoretycznej* na podstawie *formuły de Chézy'ego*, która odnosi się wyłącznie do wodomierzy pojedynczych.

Wyznaczenie *rozwachu* wodomierza sprzężonego o połączeniu szeregowym polega na wyznaczeniu natężenia przepływu, od którego począwszy wzwyż wskazówka boczna porusza się zdecydowanym ruchem ciągłym.

Sprawdzenie *wodomierzy sprzężonych skrzydełkowych* obejmuje następujące czynności:

1. określenie przepuszczalności rzeczywistej,

Warunki sprawdzania wodomierzy śrubowych pojedynczych

Tablica IX

Nateżenie przepływu	$Q_s$			$Q_h$			$Q_a$					
	pierwotna i następcza						pierwotna			następcza		
	$Q$ s/h	$t$ min	$V$ s	$Q$ s/h	$t$ min	$V$ s	$Q$ s/h	$t$ min	$V$ s	$Q$ s/h	$t$ min	$V$ s
75	37,5	3'12"	2,0	18,75	6'24"	2,0	2,5	48	2,0	5	24	2,0
100	50	3	2,5	25	4'48"	2,0	3,0	40	2,0	6	20	2,0
200	100	3	5,0	50	3	2,5	4,0	30	2,0	8	15	2,0
250	125	3	6,25	62,5	3	3,125	4,5	28	2,1	9	14	2,1
300	150	3	7,5	75	3	3,75	5,0	24	2,0	10	12	2,0
400	200	3	10,0	100	3	5,0	6,0	20	2,0	12	10	2,0
500	250	3	12,5	125	3	6,25	7,0	18	2,1	14	9	2,1
800	320	3'45"	20	160	7'30"	20	10,0	120	20,0	20	60	20,0
1000	400	3	20	200	6	20	12,5	96	20,0	25	48	20
1200	480	3	24	240	5	20	15,0	80	20,0	30	40	20
2000	800	3	40	400	3	20	25,0	48	20,0	50	24	20
3000	1200	3	60	600	3	30	37,5	32	20,0	75	16	20
4000	1600	3	80	800	3	40	50,0	24	20,0	100	12	20
5000	2000	3	100	1000	3	50	62,5	20	20,83	125	10	20,83
8000	3200	3	160	1600	3	80	100,0	12	20,0	200	6	20,0

2. wyznaczenie błędów wskazań przy:
  - a) natężeniu przepływu, jakie zachodzi przy  $\Delta h = 10 m$  słupa wody,
  - b) natężeniu, równem połowie przepuszczalności wodomierza głównego  $\left(\frac{q_n}{2}\right)$ ,
  - c) natężeniu, równem przepuszczalności wodomierza bocznego ( $q_n$ ),
  - d) dolnej granicy dokładności wodomierza sprzężonego ( $Q_a$ ),
3. wyznaczenie rozruchu ( $Q_e$ ), oraz
4. wyznaczenie krytycznego natężenia przepływu ( $Q_{k_1}$ ),

Sprawdzenie wodomierzy sprzężonych śrubowych, zaopatrzonych w odciażone zawory klapowe, obejmuje:

1. wyznaczenie przepuszczalności teoretycznej ( $Q_t$ ),
2. wyznaczenie błędów wskazań przy:
  - a) natężeniu, jakie zachodzi przy stracie  $\Delta h = 5 m$  słupa wody,
  - b) natężeniu, odpowiadającym dopuszczalnemu obciążeniu godzinnemu wodomierza głównego pojedynczego ( $q_n$ ),
  - c) natężeniu, równem przepuszczalności nominalnej wodomierza bocznego ( $q_n$ ),
  - d) dolnej granicy dokładności wodomierza sprzężonego ( $Q_a$ ),
3. wyznaczenie wartości liczbowej rozruchu ( $Q_e$ ),
4. wyznaczenie natężenia przepływu, przy którym następuje otwarcie zaworu klapowego ( $Q_{k_1}$ ).

Tabl. X określa warunki sprawdzania wodomierzy WM-S-ZK, wyrobu firmy „Polski Wodomierz“.

## 5. Wodomierze Venturi'ego

Sprawdzenie wodomierza Venturi'ego obejmuje następujące czynności:

a) wyznaczenie zależności pomiędzy spadkiem ciśnienia mierniczym, a rzeczywistym natężeniem przepływu przynajmniej przy trzech natężeniach przepływu:  $Q_{max}$ ,  $\frac{Q_{max}}{2}$  i  $Q_a$ , (wyznaczenie charakterystyki przepływu  $\Delta h = (fQ)$ ),

b) wyznaczenie błędów wskazań przyrządu wskazującego  $\epsilon_w$  i przyrządu sumującego  $\epsilon_s$  przy natężeniach wyżej wskazanych,

c) wyznaczenie trwałej straty ciśnienia w obrębie rury Venturi'ego, zachodzącej przy maksymalnym natężeniu przepływu.

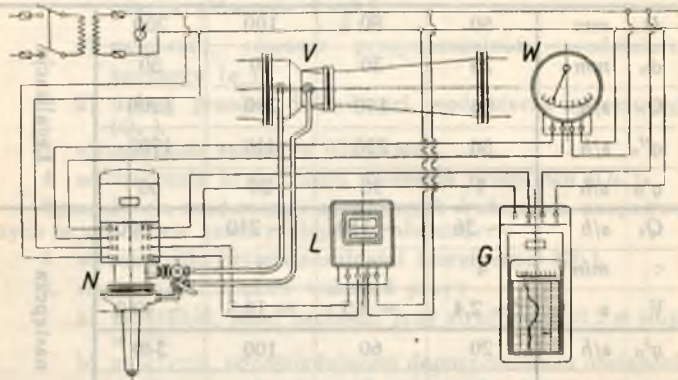
**Warunki sprawdzania**  
**wodomierzy sprzężonych WM-S-ZK**  
**wyrobu firmy „Polski Wodomierz“**

Tablica X

$D_n$ mm	50	80	100	200	Legalizacja
$d_n$ mm	25	30	40	50	
$Q_n$ s/h	50	150	290	1200	
$q''_n$ s/h	80	230	410	1700	
$q'_n$ s/h	7	10	20	60	
$Q_s$ s/h	~ 36	~ 110	~ 210	~ 800	pierwotna i następcza
$\tau$ min	4	3	3	3	
$V$ s	~ 2,4	~ 5,5	~ 10,5	~ 40,0	
$q'_n$ s/h	20	60	100	340	
$\tau$ min	6	3	3	3	
$V$ s	2	3	5	17	
$q'_n$ s/h	7	10	20	60	
$\tau$ min	18	12	6	3	
$V$ s	2,1	2,0	2,0	3,0	
$Q_a$ s/h	0,4	0,5	1,0	3,0	
$\tau$ min	150	120	60	20	
$V$ s	1,0	1,0	1,0	1,0	
$Q_a$ s/h	0,8	1,0	2,0	6,0	następcza
$\tau$ min	75	60	30	10	
$V$ s	1,0	1,0	1,0	1,0	
$Q_e$ s/h	0,2	0,25	0,5	1,5	pierwotna
$Q_e$ s/h	0,4	0,5	1,0	3,0	

**Uwaga**  $Q_s$  odpowiada natężeniu przepływu, jakie zachodzi przy stracie ciśnienia  $\Delta h = 5$  m słupa wody.

*Wodomierze Venturi'ego* można sprawdzać jedynie zapomocą układów, zaopatrzonych w *urządzenia przerzutowe*. Pomiar powinien rozpoczynać się po ustaleniu się warunków ruchu, a kończyć się przed zmianą uprzednio ustalonych warunków ruchu.



Rys. 1.

Schemat układu przy sprawdzaniu wodomierza Venturi'ego, zaopatrzonego w elektryczny przyrząd rejestrujący. V — rura Venturi'ego, N — nadajnik elektryczny, W — przyrząd wskazujący, G — przyrząd do rejestracji wykresłnej, L — przyrząd sumujący.

Sprawdzenie *wodomierza Venturi'ego*, zaopatrzonego w *mechaniczny przyrząd rejestrujący*, może odbywać się w sposób dwojaki:

- przez sprawdzenie hydrauliczne przyrządu rejestrującego natężenia przepływu i przez statyczne porównywanie wskazań liczydła ze wskazaniem przyrządu wskazującego, lub też
- przez oddzielne sprawdzenie urządzenia wskazującego natężenia przepływu oraz urządzenia sumującego (liczydła).

W wodomierzach *Venturi'ego*, zaopatrzonych w elektryczne przyrządy rejestrujące (rys. 1), sprawdzenie urządzenia wskazującego natężenia przepływu i liczydła odbywa się niezależnie od siebie.

## BIBLIOGRAFJA

*Aleksandrowicz Stanisław*, inż. „O znaczeniu wodomierzy w gospodarce zakładów wodociągowych na podstawie doświadczeń Lwowskich Wodociągów”. Dziennik Rozporządzeń Gminy król. stoł. m. Lwowa. Nr. 9. Lwów 1933.

*Allievi Lorenzo*. *Théorie du Coup de Bélier*”. 8<sup>o</sup>, pag. XVI + 134. Paris 1921.

*Allievi Lorenzo* u. *Dubs Robert*. „Allgemeine Theorie über veränderliche Bewegung des Wassers in Leitungen”. 8<sup>o</sup>, S. XII + 296. Berlin 1909.

*Andres K.* „Versuche über die Umsetzung der Wassergeschwindigkeit in Druck”. Mitt. über Forschungsarbeiten Heft 76. Berlin 1909.

*Appel P.* „Traité de Mécanique Rationnelle”. Tome 3. 8<sup>o</sup>, pag. VIII + 674. Paris 1919-1926.

*Bach C.* „Die Konstruktion der Feuerspritzen”. Stuttgart 1883.

*Bach C.* „Versuche über Ventilbelastung und Ventilwiderstand”. Berlin 1884.

*Bach C.* „Versuche zur Klarstellung der Bewegung selbsttätiger Pumpenventile”. Stuttgart 1887.

*Baese.* „Wassermessung und Wassermesser Prüfmethode”. Wasser und Gas. 18, Nr. 15. 1928.

*Bánki Dónát.* „Energieumwandlungen in Flüssigkeiten”. I Band. I. 8<sup>o</sup>, S. VIII + 511. Berlin 1921.

*Basset A. B.* „A Treatise on Hydrodynamics”. 2 Vols. Cambridge 1888.

*Bazin H.* „Expériences nouvelles sur la distribution des vitesses dans les tuyaux”. Mém. prés. par div. sav. à l'Acad. 1902.

*Bazin H.* „Recherches expérimentales 1<sup>o</sup> sur l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts (pag. 494 + XXVIII tables), 2<sup>o</sup> sur la propagation des ondes (pages 495—652 + 4 tables). 4<sup>o</sup>, pag. 652. Paris 1865.

*Beckmann Wilhelm*, Dr.-Ing. „Die zweckmässige Gestaltung von Venturirohren”. Das Gas- und Wasserfach, 76, Nr. 48. Berlin 1933.

*Berg H.* „Die Kolbenpumpen” 2 Auflage. 8<sup>o</sup>, S. X + 425 + XIII Taf. Berlin 1921.

*Berg H.* „Die Wirkungsweise federbelasteter Pumpenventile und ihre Berechnung”. Mitt. über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 30. Berlin 1906.

*Biegeleisen B.*, inż. „Podręcznik dla instalatorów wodociągowych i kanalizacyjnych”. 8<sup>o</sup>, S. 110 + 2 tabl. Kraków 1925.

*Biel R.* „Ueber den Druckhöhenverlust bei der Fortleitung tropfbarer und gasförmiger Flüssigkeiten“. Mitt. über Forschungsarbeiten. Heft 44. Berlin 1907.

*Bjerknes V.* „Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. Bjerknes' Theorie“. Band I. 8<sup>o</sup>, S. XVI + 338. Leipzig 1900. Band II. 8<sup>o</sup>, S. XVI + 316. Leipzig 1902.

*Blaess Viktor Dr. Ing.* „Die Strömung in Röhren und die Berechnung weitverzweigter Leitungen und Kanäle“. 8<sup>o</sup>, S. VIII+146. München u. Berlin, 1911.

*Blasius H.* „Das Aenlichkeitsgesetz bei Reibungsvorgängen in Flüssigkeiten“. Mitt. über Forschungsarbeiten. Heft 131. Berlin 1913.

*Born Kurt Ziv.-Ing.* „Neue Apparate zur Bekämpfung von Wasserverlusten“. Deutsche Licht- und Wasserfachzeitung. Nr. 23. 1925.

*Bossut.* „Traité théorique et expérimental d'hydrodynamique“. 2 vol. Paris 1786.

*Bouasse H.* „Hydrodynamique Générale“. 8<sup>o</sup>, XXIV + 484 + XXIV. Paris 1928.

*Bouasse H.* „Hydrostatique“. 8<sup>o</sup>, pag. XXIV + 480. Paris 1923.

*Bouasse H.* „Jets, Tubes et Canaux“ 8<sup>o</sup>, Pag. XXII + 556. Paris 1923.

*Boulanger A.* „Hydraulique générale“. Tome I. Pag. XVI + 382. Tome II. Pag. VIII + 299. Paris 1909.

*Boussinesq M. J.* „Théorie de l'écoulement tourbillonnant et tumultueux les liquides dans les lits rectilignes à grande section“. 8<sup>o</sup>, pag. VI + 64. II. 8<sup>o</sup>, pag. 76. Paris 1897.

*Brinhaus Paul, Ing.* „Das Rohrnetz städtischer Wasserwerke, dessen Berechnung, sein Bau und Betrieb“. 8<sup>o</sup>, S. VIII + 334. München u. Berlin.

*Broszko M.* „Neue Grundleichungen der Mechanik wirklicher Flüssigkeiten“. Zeitschrift für Physik. Band 44. Heft 1/2. Berlin 1927.

*Broszko M.* „Nowa teoria ruchu cieczy rzeczywistych“. Czasopismo techniczne, Lwów 1921-2.

*Broszko M.* „O nowej metodzie dokładnego pomiaru przepływu wody w rzekach“. Przegląd Techniczny. Warszawa 1923.

*Broszko M.* Ueber die Irrtümlichkeit der Navier-Stokes'schen Hydromechanik“. Zeitschrift für Physik. Band 43. Heft 7. Berlin 1927.

*Broszko M.* „Ueber turbulente Strömung durch Röhren“. Verhandlungen des 2. internationalen Kongresses für technische Mechanik. Zürich 1926.

*Broszko M.* „Wpływ niedokładności wskazań młynków hydrometrycznych na wyniki pomiarów przepływu wody w rzekach“. Przegląd Techniczny 1922. Nr. 11, 12 i 13.

*Bryła S.*, prof. dr. „Podręcznik inżynierski w zakresie inżynierji lądowej i wodnej“. Tom III i IV.

*Bubendey J. F.* „Praktische Hydraulik“. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Band III, 1. Leipzig 1911.

*Buckingham E.* „Beitrag zur Berechnung der Kontraktionszahl“. Forschung 2. S. 185. 1931.

*Buckingham E.* „Zur Berechnung der Kontraktionszahl“. Forschung 4. S. 25. 1933.

*Budau Arthur.* „Kurzgefasstes Lehrbuch der Hydraulik“. 3 Aufl. Wien und Leipzig, 1921.

*Bundsehn F.* „Angewandte Hydraulik“. 8<sup>o</sup>, S. 76. Berlin 1929.

*Camerer R.*, Dr. Phil. Dr. Ing. „Vorlesungen über Wasserkraftmaschinen“. 2 Auflage. 8<sup>o</sup>, S. XXX + 515 + 42 Tafeln. Leipzig 1924.

*Camichel M. Ch.* „Leçons sur les conduites“. 8<sup>o</sup>, pag. V+101. Paris 1930.

*Charewiczowa Łucja*, Dr. „Wodociągi Starego Lwowa 1404—1663“. 8<sup>o</sup>, str. 72. Lwów 1934.

*Ciechanowski, Matakiewicz i Pomianowski.* „Zasady budowy wodociągów“. Lwów 1914.

*Claus Adolphe et Poinard Paul.* „Le compteur d'eau“. 8<sup>o</sup>, pag. 140. Paris 1906.

*Le Conte Joseph.* „Hydraulics“. 8<sup>o</sup>, S. XVI + 348. New York 1926.

*Czyżowski Roman*, inż. „Sposób obliczenia powietrznika do pompy odśrodkowej“. Przegląd Techniczny. LXXIV, Nr. 15 i 18. Warszawa 1935.

*Czyżowski Roman*, inż. „Porównanie mechanicznej i elektrycznej regulacji wydajności pompy odśrodkowej, napędzanej motorem elektrycznym“. Czasopismo techniczne LIV, Nr. 16. Lwów 1936.

*Danckwerts.* „Theoretische Grundlagen der praktischen Hydraulik“. 8<sup>o</sup>, S. VIII + 66 + 18 Tafeln. Hannover 1920.

*Darcy H.* „Recherches expérimentales relatifs au mouvement de l'eau dans les tuyaux“. 4<sup>o</sup>, pag. XXIV + 268. Paris 1857.

*Dariès Georges.* „Distributions d'eau“. Paris 1899.

*Dariès G.* „Note sur les compteurs d'eau“. 8<sup>o</sup>, pag. 112. Paris 1911.

*Denkert A.* „75 Jahre Wassermessung nebst einem einleitenden Rückblick auf ältere Entwicklungsstufen“. Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 32. Berlin 1933.

*Denkert A.* „Wassermesser-Regulievorrichtungen“. Das Gas- und Wasserfach. 77, Nr. 41. Berlin 1934.

*Denkert A.* „Wassermesser und Wasserverluste“. Das Gas- und Wasserfach. 78, Nr. 4. Berlin 1935.



*Denkert A.* „Wirtschaftliche Betriebsführung der Wasserwerke“. Deutsche Licht- und Wasserfachzeitung. Heft 12. 1935.

*Denkert A.* „Zeitgemässe Technik im Wassermesserbau“. Das Gas- und Wasserfach. 71, Nr. 32. Berlin 1928.

*Dubs R. u. Bataillard V.* „Allgemeine Theorie über veränderliche Bewegung des Wassers in Leitungen. I Teil: Rohrleitungen. II Teil: Stollen u. Wasserschloss. 8°, S. XI + 296. Berlin 1909.

*Dufour H.*, Ing. „Flügel-Wassermessungen in Druckrohrleitungen“. Schweizerische Bauzeitung. Band 84. No. 4. Zürich 1924.

*Dupuit J.* „Etudes théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et à travers les terrains perméables“. 2 Ed. 4°, pag. XXVIII + 304. Paris 1863.

*Düwel.* „Fahrbare Prüfstationen für Wassermesser“. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Nr. 13. 1913.

*Dziakiewicz W.* „Roboty wodne. I. Wodociagi. II. Kanalizacja miast systemu spławowego“. 8°, str. 253. 1921.

*Eggers G.*, Dipl.-Ing. „Neuere Bauarten motorischer Wassermesser“. Das Gas- und Wasserfach. 71, Nr. 32. Berlin 1928.

*Eggers G.*, Dipl.-Ing. „Neue Geräte und Einrichtungen für die Betriebsüberwachung von Wasserversorgungsanlagen“. Heft 1 der Schriftenreihe „Messtechnik und Betriebsüberwachung in Wasserwerken“. Berlin 1930.

*Eggers G.*, Dipl.-Ing. „Prüfeinrichtungen für Wassermesser“. Siemens Jahrbuch 1930.

*Engels H.* „Handbuch des Wasserbaues“. 2 Bände. Leipzig 1914.

*Engels Hubert.* „Mitteilungen aus dem Dresdener Flussbau-Laboratorium“. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 200 u. 201.

*Escher Rudolf.* „Die Theorie der Wasserturbinen“. 2 Auflage. Berlin 1921.

*Euler H.* „Blenden für Strömungsmessung“. Archiv Eisenhüttenwes. S. 95. 1932/33.

*Eydoux Denis.* „Hydraulique générale et appliquée“. 8°, pag. VIII + 510. Paris 1921.

*Feifel Eugen*, Dr. Ing. „Ueber die veränderliche, nicht stationäre Strömung in offenen Gerinnen, insb. über Schwingungen in Turbinen-Triebkanälen“. Forschungsarbeiten. Heft 205. Berlin 1918.

*Flamant A.* „Hydraulique“. 8°, pag. XVI + 699. Paris et Liège 1923.

*Foerster Max*, Dr. „Taschenbuch für Bauingenieure“.

*Forchheimer Philip.* „Hydraulik“. 8°, S. X + 566. 2 Auflage. Berlin 1924.

*Franke Jan Nepomucen.* „Mechanika teoretyczna“. 8°, S. XXXII + 643. Warszawa 1889.

*Germer W. E.*, Obering. „Die Venturimessung für Flüssigkeiten und Gase“. Mannheim-Waldhof 1926.

*Giese H. G.* „Mengenmessung mit Düsen und Blenden bei kleinen Reynolds'schen Zahlen“. Forschung 4. S. 11. 1933.

*Gogolowski B.* „Wodociągi i kanalizacja w małych domkach i willach“, 8<sup>o</sup>, str. 95. 1935.

*Götting H.*, Dipl.-Ing. „Empfindlichkeit von Wassermessern und Erfassung der abgegebenen Wassermengen“, Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 50 und 51. Berlin 1933.

*Gross Erwin*, Prof. „Handbuch der Wasserversorgung“, 8<sup>o</sup>, S. X + 428. München und Berlin 1928.

*Grunwald A.*, Dr.-Ing. „Ueber das Wesen der Druckdifferenzmessung. Ein Beitrag zur Lösung der Frage: Staurand, Düse oder Venturirohr?“. Berlin 1925.

*Hache.* „Wassermesser. Eine Studie zur Beurteilung und Auswahl von Wassermessern“. 8<sup>o</sup>, S. 96. Leipzig.

*Halbertsma.* „Die Bedeutung der Wassermesser für die städt. Wasserversorgung“. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 53, Nr. 19 ÷ 20. 1910.

*Hansen M.* „Düsen und Blenden bei kleinen Reynolds'schen Zahlen“. Forschung 4. S. 64. 1933.

*Hartmann*, Dipl.-Ing. „Aktuelle Fragen der Wassermessung“. Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 32. Berlin 1933.

*Hartmann Otto.* „Die Möglichkeit mathematischer Berechnung sekundlicher Wassermengen und Geschwindigkeiten mit Hilfe der Querschnitte und Oberflächengeschwindigkeiten“. 8<sup>o</sup>, S. 68 + X Tafeln. München 1927.

*Hauber W.*, Dipl.-Ing. „Hydraulik“. 16<sup>o</sup>, S. 156. Berlin u. Leipzig, 1925.

*Hänsch*, Ing. „Automatische Wassermesserprüfstationen“. Das Gas- und Wasserfach. 77, Nr. 30. Berlin 1934.

*Heidenreich W.* „Abhängigkeit der Wasserverluste vom Betriebsalter der eingebauten Wasserzähler“. Nomogram zur Ermittlung der Verlustanteile. Das Gas- und Wasserfach 78, Heft 25. Berlin 1935.

*Henle E.* „Die neuen Venturimesseranlagen im Quellengebiet der Stadt München“. Heft 3 der Schriftenreihe „Messtechnik und Betriebsüberwachung in Wasserwerken“. Berlin 1930.

*Hochschild H.* „Versuche über die Strömungsvorgänge in erweiterten und verengten Kanälen“. Mitt. über Forschungsarbeiten. Heft 114. Berlin 1912.

*Hodgson J. L.* „The laws of similarity for orifice and nozzle flows“. Trans. of the American Soc. Mech. Engs. 1928.

*Hopf L.* „Abhandlungen über die hydrodynamische Theorie der Schmiermittelreibung“. Leipzig 1927.

„Hütte“. Des Ingenieurs Taschenbuch. I Band, 25 Aufl. S. XVI + 1080. Berlin 1925.

„Hydraulische Probleme“. 8<sup>o</sup>, S. VIII + 220. Berlin 1926.  
*Imhoff K.* Zasady kanalizacji miast i oczyszczania ścieków. Str. 166, 17 tabl. i 44 rys. 1933.

*Jacob Max.* „Dynamische und kinematische Zähigkeitszahl“. Zeitschrift für technische Physik. 1928. Nr. 1.

*Jensz Henryk*, inż. „Wodociągi i Kanalizacja m. Wilna“. 8<sup>o</sup>, str. 136. Wilno 1932.

*Kármán Th. u. Levi Civita.* „Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik“. 8<sup>o</sup>, str. IV + 252. Berlin 1924.

*Kaufmann W.* „Hydromechanik“. Berlin 1934.

*Kelting Otto*, Dipl.-Ing. „Versuche mit Abortspülhähnen und Bemessung der Hausleitungen“. Das Gas- und Wasserfach 75, Nr. 1. Berlin 1932.

*Kirschmer O.*, Dr.-Ing. „Vergleichs-Wassermessungen am Walchenseewerk“. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 75, Nr. 17. Berlin 1931.

*Kirschmer O.*, Dr.-Ing. und *Esterer B.* „Die Genauigkeit einiger Wassermessverfahren“. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 74, Nr. 44. Berlin 1930.

*Kleeman*, Stadtbaurat. „Windkessel und Wassermesser“. Das Gas- und Wasserfach. 75, Nr. 16. Berlin 1930.

*Klein.* „Ueber freigehende Pumpenventile“. Mitt. über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 22. Berlin 1905.

*Knoblauch, Raisch, Hausen, Koch.* „Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, berechnet aus der spezifischen Wärme“. München 1932.

*Knühl.* „Prüfung von Wassermessern auf dem Reihenprüfisch“. Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 49. Berlin 1933.

*Koch A. u. Carstanjen M.* „Von der Bewegung des Wassers und den dabei auftretenden Kräften“. 8<sup>o</sup>, S. XII + 288. Berlin 1926.

*Krauss L.* „Untersuchung selbsttätiger Pumpenventile und deren Einwirkung auf den Pumpengang“. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 233. Berlin 1921.

*Kretzschmer F.* „Der Einfluss der Reibung auf den Durchflussbeiwert der Drossel-Messgeräte“. Forschung 4. S. 93. 1933.

*Kretzschmer Fr. u. Wälzholz G.* „Versuche über die Einbaufehler der Normblenden“. Forschung 5. S. 25. 1934.

*Kriemler Karl.* „Hydraulik“. I Band. 8<sup>o</sup>, S. X + 132. Stuttgart 1920.

*Kucharzewski Feliks.* „Hydraulika“. 8<sup>o</sup>, str. VIII + 296. Warszawa 1918.

*Lamb Horace.* „Lehrbuch der Hydrodynamik“. Deutsche autorisierte Ausgabe besorgt von *J. Friedel.* 8<sup>o</sup>, S. XIV + 787. Leipzig und Berlin 1907.

*Lauffer H.* „Einfluss der Oberflächenspannung auf den Aufluss aus Poncelet-Oeffnungen“. Forschung 5. S. 266. 1934.

*Lebrasseur A. et d'Espine F.* „Etude sur l'écoulement des fluides en général“. 8°, pag. 76. Paris 1924.

*Lewitt E. H.* „Hydraulics“. 2 Ed. 8°, VIII+262. London 1925.

*Lichtenstein Leon.* „Grundlagen der Hydromechanik“. 8°, S. XVI + 506. Berlin 1929.

*Lohman H.* „Der Einfluss von Druckstößen in Rohrleitungen auf die Anzeige von Hauswasserzählern“. Das Gas- und Wasserfach. 78, Nr. 34. Berlin 1935.

*Lohmann H.* „Einfluss von Schiebern auf die Anzeige von Woltman-Wassermessern“. Das Gas- und Wasserfach. 77, Nr. 22. Berlin 1934.

*Lorentz H. A.* „Ueber die Entstehung turbulenter Flüssigkeitsbewegungen und über den Einfluss dieser Bewegungen bei der Strömung durch Röhren“. Abhandlungen über theoretische Physik. 1 Bd. Leipzig 1907.

*Lorenz Hans.* „Technische Hydromechanik“. 8°, S. XXII + 500. München u. Berlin 1910.

*Löwy R.* „Druckschwankungen in Druckrohrleitungen“. 8°, VI + 162. Wien 1928.

*Lueger Otto, Dr. u. Weyrauch R., Dr.* „Die Wasserversorgung der Städte“. Leipzig 1916.

*Lütschg Otto, Ing.* „Vergleichs-Versuche mit Flügel- und Schirm-Apparat zur Bestimmung von Wassermengen“. 8°, S. 36. Bern, 1913.

*Maillet Edmond.* „Essais d'hydraulique souterraine et fluviale“. 8°, VI + 218. Paris 1905.

*Mann Victor.* „Rohre unter besonderer Berücksichtigung der Rohre für Wasserkraftanlagen“. 8°, S. XII + 208. München und Berlin 1928.

*Mannes H., Dr. Ing.* Die Berechnung von Rohrnetzen städtischer Wasserleitungen“. 8°, S. 59 + 1 Tab. München und Berlin 1912.

*Masing G., Dr.* „Korrosion von Messing in Wassermessern“. Wasser und Gas. 17, Nr. 6. 1926.

*Matakiewicz Maksymiljan, Dr. Inż.* „Budowa jazów“. 4°, Str. IV + 162 + XX tablic. Lwów 1920.

*Matakiewicz Maksymiljan, Dr. Inż.* „Ogólna formuła na średnią chyżość przepływu w łożyskach rzecznych i kanałowych“. 8°, S. 98. Lwów 1925.

*Matakiewicz Maksymiljan, Dr. Inż.* „Regulacja rzek“. 8°, S. X + 460. Lwów 1923.

*Matakiewicz M., Prof. Dr. Inż. i Mazur M., Dr. Inż.* „Zasady wyzyskiwania sił wodnych“. 8°, S. 551. Lwów 1936.

*Menge Erich.* „Mechanik-Aufgaben“. III. Teil. Dynamik, Mechanik der Flüssigkeiten u. Gase. S. 192. Leipzig 1933.

*Mettler Hans.* „Probleme und Konstruktionen aus der Hydrometrie“. 8°, S. 48. Zürich 1927.

*Miething.* „Systematische Wassermesserpflege, eine wichtige Betriebsaufgabe zur Erhöhung der Rentabilität der Wasserwerke“. Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 49. Berlin 1933.

*Mises Richard von.* „Elemente der technischen Hydromechanik“. I Teil. 8<sup>o</sup>, S. VII + 212. Leipzig und Berlin 1914.

*Mises Richard von.* „Theorie der Wasserräder“. Leipzig 1908.

*Mises Richard von.* „Ueber die Probleme der technischen Hydromechanik“. Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen. 1909, Heft 11.

„Mitteilungen des deutschen Normenausschusses“. Band 16. Heft 17/18. „Neue Normen für Wassermesser“. Berlin 1933.

*Mollier R.* „Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf“. Berlin 1932.

*Müller C. H.* „Das Pumpenventil“. Leipzig 1900.

*Müller Wilhelm.* „Hydrometrie“. 8<sup>o</sup>, S. IV + 150. Hannover 1903.

*Müller Wilhelm.* „Mathematische Strömungslehre“. 8<sup>o</sup>, S. X + 240. Berlin 1928.

*Neidhardt, Obring.* „Wassermesser und deren Bedeutung für die Wasserfassung“. Deutsche Licht- und Wasserfachzeitung. 1927. Nr. 14.

*Neumann Fritz, Dipl. Ing.* „Die Zentrifugalpumpen“. 2 Aufl. Berlin 1922.

*Nikuradse J.* „Gesetzmässigkeiten der turbulenten Strömung in glatten Rohren“. 8<sup>o</sup>, S. 36. Berlin 1932.

*Nikuradse J.* „Untersuchung über die Geschwindigkeitsverteilung in turbulenten Strömungen“. Forschungsarbeiten auf dem Geb. des Ingenieurwesens. Heft 281. Berlin 1926.

Okólnik Ministerstwa Spraw Wewnętrznych z dnia 8-go kwietnia 1934 r. Wzór miejscowych przepisów o zaopatrywaniu ludności w wodę oraz o usuwaniu nieczystości i wód opadowych. Dziennik Urzędowy Min. Spraw Wewn. Rok XVII. Nr. 12.

„Ordonnance concernant la vérification et le poinçonnage officiels des compteurs d'eau“ (du 29 octobre 1918). Berne 1918.

*Ott L. A.* „Theorie und Konstantenbestimmung des hydro-metrischen Flügels“. 8<sup>o</sup>, S. IV + 50. Berlin 1925.

*Perot A. et Michel-Levy H.* „Essais de compteur d'eau“. Bulletin du Laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers. 8<sup>o</sup>, pag. 28. Paris 1906.

*Pfarr A.* „Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb“. 2 Aufl. 8<sup>o</sup>, S. XVI + 871 + 62 Taf. Berlin 1912.

*Piotrowski Ignacy.* „Wodociągi i kanalizacja miast polskich w świetle liczb i wykresów“. 8<sup>o</sup>, str. 96. Warszawa 1927.

*Poebing Oskar*, Dipl.-Ing. „Zur Bestimmung strömender Flüssigkeitsmengen im offenen Gerinne“. 8<sup>o</sup>, IV + 56. Berlin 1922.

*Poiseuille J. L. M.* „Recherches expérimentales sur le mouvement des liquides dans les tubes de très petites diamètres“. Comptes Rendus 11 et 12. 1840—41.

*Pomianowski K.*, Dr. „Wodociągi“. Lwów 1916.

*Pomianowski K.*, Dr. i *Wóycicki K.*, Dr. „Uderzenia wodne w przewodach tłocznych zakładów wodociągowych“. Warszawa 1934.

*Popielski Wacław*, inż. „O wodomierzach sprzężonych z nieodciążonym zaworem sprzężynowym“. Gaz i Woda, 14, Nr. 4. Kraków 1934.

*Pöschl Theodor*, Dr. Ing. „Lehrbuch der Hydraulik“. 8<sup>o</sup>, S. VI + 192. Berlin 1924.

*Pöschl Theodor*. „Lehrbuch der technischen Mechanik“. 8<sup>o</sup>, S. VI + 264. Berlin 1923.

*Prandtl L.* „Abriss der Lehre von der Flüssigkeit- und Gasbewegung“. Jena 1913.

*Prandtl L.* u. *Betz A.* „Vier Abhandlungen zur Hydrodynamik und Aerodynamik“. Göttingen 1927.

*Prásil Franz*. „Technische Hydrodynamik“. 8<sup>o</sup>, S. X + 303. Berlin 1926.

*Prásil F.* „Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshöhlräumen“. Schweiz. Bauzeitung, Band XLI. 1903.

„Przepisy obowiązujące w miernictwie“. Grupa M: Wodomierze. Czasopismo wydawane przez Główny Urząd Miar.

*Quantz L.*, Dipl.-Ing. „Kreiselpumpen“. Berlin 1922.

*Quantz L.*, Dipl.-Ing. „Wasserkraftmaschinen“. 4 Aufl. Berlin 1922.

*Rabczewski Włodzimierz*, inż. „Wodociągi i kanalizacja m. stoł. Warszawy“. Gaz i Woda 11, Nr. 4 i 6 ÷ 10, Kraków 1931.

*Rauszer Zdzisław*, inż.-techn. „Błędy i poprawki narzędzi mierniczych“. Przegląd Techniczny 1933.

*Rauszer Zdzisław*, inż. „Pierwsze Dziesięciolecie Polskiej Administracji Miar i Narzędzi Mierniczych“. Przegląd Techniczny. Warszawa 1929.

„Regeln für Abnahmeversuche an Wasserkraftmaschinen“. 8<sup>o</sup>, S. IV + 7. Berlin 1930.

„Regeln für die Durchflussmessung mit genormten Düsen und Blenden“. VDI-Durchflussmessregeln. DIN 1952. 3 Aufl. 8<sup>o</sup>, S. 22 + 9 Arbeitsblätter. Berlin 1935.

*Reynolds Osborne*. „On the Dynamical Theory of Incompressible Viscous Fluids and the Determination of the Criterion“. Trans. of the Cambridge Phil. Society. 4<sup>o</sup>. Pag. 123 ÷ 164. Cambridge 1894.

*Richter Hugo*. „Der Druckabfall in gekrümmten glatten Rohrleitungen“. 8<sup>o</sup>, S. 30. Berlin.

*Richter Hugo*, Dr.-Ing. „Rohrhydraulik“. 8°, S. IX+256. Berlin 1934.

*Richter H.* „Versuche mit neuen Formen von Durchflussdüsen“. Forschung 2. S. 387 und Forschung 3. S. 126. 1931-32.

*Ritzki*, Dipl.-Ing. „Die Gas- und Wassermesser und ihr Einfluss auf die Rohrnetzverluste“. Das Gas- und Wasserfach. 75, Nr. 8. Berlin 1932.

*Rother M.*, Dir. „Ueber Fortschritte in der Verwendung Woltman'scher Flügel zur Wassermessung“. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. XLIII Jahrgang. Nr. 42. S. 785÷792. 1900.

*Ruppel G.*, Dipl.-Ing. „Strömungsmessung und Druckrückgewinn mit dem Siemens-Venturi-Einsatz“. Siemens Zeitschrift. 12, Nr. 1. Berlin 1932.

*Rychter J.* „Roboty wodne“. Część I. Pomiarы wodne. Rowy i kanały. Lwów, 1894.

*Samter M.* „Hydromechanik“. 8°, S. 94. Charlottenburg 1925.

*Schaack M.* u. *Ruppel G.* „Genauigkeit von Durchflussmessgeräten“. ATM- Lieferung 31. J. 1230—1.

*Schaar G. F.* „Kalender für das Gas- und Wasserfach“. I Teil: Kalenderteil. II Teil: Wissenschaftlich-Technischer Teil. München und Berlin.

*Scheelhaase*, Dr.-Ing. „Die Wasserverluste und ihre Einschränkung“. 1920.

*Schiller L.*, Dr. „Untersuchungen über laminare und turbulente Strömung“. Forschungsarbeiten Heft 248. Berlin 1922.

*Schink Georg* und *Schneider Hermann.* „Der praktische Gas und Wasser-Instalateur“. 8°, S. XVI + 528 + 10 Tafeln. Stuttgart 1928.

*Schlomann-Oldenbourg.* „Illustrierte Technische Wörterbücher“. Band 12: Wassertechnik — Lufttechnik — Kältetechnik. 8°, S. XXX + 1959. Berlin 1915.

*Schlotthauer Ferd.*, Ing. „Ueber Wasserkraft- und Wasserversorgungsanlagen“. 8°, S. 235. München u. Berlin.

*Schlotthauer Ferdinand*, Ing. „Ueber Wasserversorgungsanlagen“. 3 Auflage. 8°, S. VI + 156. München und Berlin 1923.

*Schneider Adolf*, Dr. „Ausflusskoeffizienten von Poncelet-Oeffnungen“. Forschungsarbeiten. Heft 213. Berlin 1919.

*Schoklitsch Armin.* „Graphische Hydraulik“. 8°, S. 72. Leipzig 1923.

*Schoklitsch Armin*, Dr.-Ing. „Der Wasserbau“. I Band. Wasserversorgung. Wien 1930.

*Schönbrunner F.* „Das Kontrollmessersystem im Wiener Wasserwerke“. Ztschr. d. österr. Gas- und Wasserfachmännern. 71, Nr. 5. Wien 1931.

*Schrenk E.*, Dr.-Ing. „Versuche über Strömungsarten, Ventilwiderstand und Ventilbelastung“. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Heft 272. 8°, S. 62. Berlin 1925.

*Smreker O.*, Dr.-Ing. „Die Wasserversorgung der Städte“. Leipzig und Berlin 1914.

*Sokal Emil.* „Budowa kanałów ulicznych“. 4°, S. II+84. Warszawa 1899.

*Spataro Donato.* „Trattato completo di idraulica teorica e sperimentale in tre volumi. Milano 1924.

Sprawozdanie Zarządu Wodociągu stoł. król. miasta Krakowa za lata 1901÷1925. Zeszyt XXXI. 8°, str. 74. Kraków 1926.

*Stach E.* „Die Beiwerte von Normdüsen und Normblenden im Einlauf und Auslauf“. Z. VDI 78, S. 187. Berlin 1934.

*Stadtmüller K.* Prof. i *Stadtmüller K.* inż. „Słownik techniczny“. Część niemiecko-polska. Wydanie 2. Tom I. A÷K. 8°, S. XIV+458. Tom II. L÷Z. 8°, S. 520. Warszawa 1923÷25.

*Staus A.* „Der Genauigkeitsgrad von Flügelmessungen bei Wasserkraftanlagen“. 8°, S. IV+36. Berlin 1926.

*Staus A.* Dr. Ing. „Die hydraulischen Einrichtungen des Maschinen-Laboratoriums des Staatl. Württ. Höh. Maschinenbauschule in Esslingen am Neckar“. 8°, S. 58. Berlin 1925.

*Staus A.* „Maschinenuntersuchungen“. Ein Leitfaden für die Unterricht und Praxis. I Band. Hydraulik in ihren Anwendungen“. 8°, S. X+196. 2 Auflage. Berlin 1926.

*Straszewicz Zygmunt.* „Nauka o ruchu“. 8°, S. XII+354. Lwów 1923.

*Stückle R.* Dipl.-Ing. „Die selbsttätigen Pumpenventile in den letzten 50 Jahren — Ihre Bewegung und Berechnung“. 8°, S. IV+298. Berlin 1925.

„Technik“ Podręcznik dla inżynierów. 2. Wyd. Tom I. Str. 348÷385. Hydraulika. (opr. inż. *Zdzisław Rytel*).

*Thiem Adolf.* „Der Woltman'sche Flügel als Wassermesser“. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. XLI Jahrgang. S. 260. 1898.

*de Thierry G.* u. *Matschoss C.* „Die Wasserbaulaboratorien Europas. Entwicklung — Aufgaben — Ziele.“ Berlin 1926.

*Thoma D.*, Dr. Ing. „Mitteilungen des Hydraulischen Instituts der Technischen Hochschule München“. München u. Berlin. (Wychodzi nieregularnie od r. 1926).

*Tietjens O.* „Hydro- und Aerodynamik nach Vorlesungen von L. Prandtl“. 8°, S. VIII+299+28 Tafeln. Berlin 1931.

*Troskolański A. T.* „Hydromechanika“. 8°, str. XII+276. Lwów 1925.

*Troskolański A. T.* „Najnowsze prądy w hydromechanice“. 8°, str. 38. Lwów, 1923.



*Troskoleński A. T.* ing. „Note sur l'effet de l'introduction de la vérification et du poinçonnage obligatoires des compteurs d'eau, sur le développement de l'industrie de ces compteurs en Pologne et sur les résultats d'exploitation des usines de distribution d'eau". Revue de Métrologie Pratique — Poids et Mesures. Paris 1934.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O legalizacji wodomierzy w Polsce". Gaz i woda, 11, str. 101 ÷ 110. Kraków 1931.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O podstawach teoretycznych konstrukcji manometrów rłęciowych różnicowych, stosowanych w praktyce wodomierzowej". Gaz i Woda, 10, str. 137 ÷ 140. Kraków 1930. — Uzupełnienie. Gaz i Woda, 12, str. 25 ÷ 26. Kraków 1932.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O prawidłowym odbiorze ciśnienia w układach, przeznaczonych do sprawdzania wodomierzy". Gaz i Woda, 12, str. 311 ÷ 322. Kraków 1932.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O projektowanych zmianach w przepisach wodomierzowych". Gaz i Woda, 13, zeszyt 6. Kraków 1933.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O przebudowie pracowni sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów w firmie H. Meinecke". Gaz i Woda, 12, str. 149 — 154. Kraków 1932.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O znaczeniu wodomierzy w gospodarce wodociągowej". Gaz i Woda, 14, Nr. 7 ÷ 8. Kraków 1934.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „O wodomierzach sprzężonych, ich budowie i działaniu". Gaz i Woda, 13, zeszyt 1 ÷ 3. Kraków 1933.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „Podręcznik dla sprawdzających wodomierze. Tom I. Wybrane działy hydromechaniki w przystępnym zarysie". 8<sup>o</sup>, str. XX + 455. Warszawa 1931.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „Podręcznik dla sprawdzających wodomierze. Tom II. Część 2: Wodomierze sprzężone". 8<sup>o</sup>, str. XII + 258. Warszawa 1936.

*Troskoleński A. T.*, inż.-mech. „Pracownia sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów, należąca do Miejskiego Zakładu Wodociągowego w Poznaniu". Gaz i Woda, 16, zeszyt 4. Kraków 1936.

*Troskoleński A. T.*, Dipl.-Ing. „Quecksilber-Druckverlustmanometer". Das Gas- und Wasserfach, 75, Heft 46, Berlin 1932.

*Troskoleński A. T.* „Równania Stokes'a w spólrzędnych walcowych". Sprawozdania i prace Warszawskiego Towarzystwa Politechnicznego. Tom IV, zeszyt 1. Warszawa 1925.

*Troskoleński A. T.*, ing. „Sur la vérification des compteurs d'eau en Pologne". Revue de Métrologie Pratique — Poids et Mesures. Paris 1931.

*Troskolański A. T.*, ing. „Sur les bases théoriques de la construction des manomètres différentiels à mercure, utilisés dans des laboratoires de vérification des compteurs d'eau". Revue de Métrologie Pratique — Poids et Mesures. Paris 1932.

*Troskolański A. T.*, ing. „Sur le prélèvement rationnel de pression dans les dispositifs d'essai pour compteurs d'eau". Revue de Métrologie Pratique — Poids et Mesures. Paris 1933.

*Troskolański A. T.* Dipl.-Ing. „Ueber die Eichung der Wassermesser in Polen. Die Messtechnik. VII. Heft 7. Halle-Saale 1931.

*Troskolański A. T.*, Dipl.-Ing. „Ueber die richtige Druckabnahme bei Druckverlustprüfungen in Wassermesser-Prüfleitungen". Das Gas- und Wasserfach. 77, Nr. 49. Berlin 1934.

*Venturi J. B.* „Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides, appliqué à l'explication de différents phénomènes hydrauliques". 8°, pag. 88 + 2 tables. Paris 1797.

*Villat Henri.* „Mécanique des fluides". 8°, pag. VII + 175.

*Vollmar.* „Einschränkung der Wasserverluste und das hierzu in Dresden geübte Verfahren". Das Gas- und Wasserfach. 65, Nr. 49 ÷ 51. Berlin 1922.

*Vollmar und Baese.* „Das Dresdener Verfahren der örtlichen Wassermesser-Untersuchung und der Aufsuchung von Wasserverlusten in den Privatleitungsanlagen". Das Gas- und Wasserfach, 72, Nr. 15. Berlin 1929.

*Vollmar und Baese.* „Die Einschränkung der Wasserverluste insbesondere bei grossen Wassermessern". Das Gas- und Wasserfach. 68, Nr. 23. Berlin 1925.

„Vollziehungsverordnung betreffend die amtliche Prüfung und Stempelung von Wassermessern" (von 29 Oktober 1918). Bern 1918.

*Wagner Paul.* „Strömungsenergie und mechanische Arbeit". 8°, S. XII + 252. Berlin 1914.

*Weil L. W.*, Dr. Ing. „Neue Grundlagen der technischen Hydrodynamik". 8°, S. VI + 219. München und Berlin 1920.

*Weisbach Julius.* „Die Experimental-Hydraulik". Freiberg 1855. 8°, XVI + 281.

*Wentzell Fr. Obering.* „Ein neues Verfahren zur Kontrolle von Hauswassermessern im Leitungsnetz". Reuther-Mitteilungen Nr. 31.

*Wentzell Fr. Obering.* „Werkwiderstand von Wassermessern". Das Gas- und Wasserfach. 76, Nr. 45. Berlin 1933.

*Westphal M.* „Beitrag zur Grössenbestimmung von Pumpenventilen". Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1893.

*Weyrauch Robert.* „Hydraulisches Rechnen". 8°, S. XI + 327. Stuttgart 1921.

*Weyrauch Robert*, Dr. Ing. „Wasserversorgung der Ortschaften“. 8°, S. 134. Berlin u. Leipzig 1921.

„Wiadomości Polskiego Komitetu Normalizacyjnego“.

*Wien W.*, Dr. „Lehrbuch der Hydrodynamik“. 8°, S. XIV + 319. Leipzig 1900.

*Winkel R.* „Abhängigkeit der Wasserbewegung in einer Rohrleitung“. Mitt. über Forschungsarbeiten. Heft 186. Berlin 1916.

*Winkel Richard*, Dr. Ing. „Hydromechanik der Druckrohrleitungen einschliesslich der Strömungsvorgänge in besonderen Rohranlagen“. 8°, VIII + 94. München u. Berlin 1919.

*Witkowski August*. „Zasady Fizyki“. Tom. I. Wyd. 4. 8°, S. XX + 538. Warszawa 1915.

*Witoszyński C.*, prof. „Hydraulika“. litogr. Str. 311. Warszawa 1924.

*Witte R.* „Durchflussbeiwerte der I.-G.-Messmündungen für Wasser, Oel, Dampf und Gas“. Z. VDI 72, S. 1493. Berlin 1928.

*Witte R.* „Die Durchflusszahlen von Düsen und Staurändern“. Techn. Mech. und Thermodyn. I. S. 34, 72 u. 113. 1930.

*Witte R.* „Die Strömung durch Düsen und Blenden“. Forschung 2. S. 245 u. 291. 1931.

*Witte R.* Neuere Mengenstrommessungen zur Normung von Düsen und Blenden“. Forschung 5. S. 205. 1934.

*Wittenbauer Ferd.*, Prof. „Aufgaben aus der technischen Mechanik. III Bd. Flüssigkeiten und Gase“. 3 Aufl. 8°, VIII + 390. Berlin 1922.

*Wojnarowicz Stanisław*, inż. „Organizacja biura przedsiębiorstwa wodociągów i kanalizacji“. Gaz i Woda 13, Nr. 7. Kraków 1933.

*Wojnarowicz Stanisław*, inż. „Racjonalna gospodarka wodomierzowa“. Gaz i Woda. 14, Nr. 4. Kraków 1934.

*Woldt P.* „Umschaltventile für Wassermesserkombinationen“. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. 1910, Nr. 38.

*Woltman R.* „Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels“. Hamburg 1790.

*Zimm Walter*, Dr.-Ing. „Ueber die Strömungsvorgänge im freiem Luftstrahl“. Forschungsarbeiten Heft 234. Berlin 1921.

*Zipperer L.* „Reynolds'sche Zahl für Blendenmessung“. Das Gas- und Wasserfach 74, S. 1101. Berlin 1931.

*Zwierzchowski Stanisław*. „Silniki wodne“. 8°. S. 230. Skrypt. Warszawa, 1925.

Kalendarz		Kalendarz	
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	

## CZĘŚĆ XII

# NORMY

Lp. Normy		Lp. Normy	
1	2	3	4
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	

**Uwaga:** Przedruk względnie streszczenie Polskich Norm (PN) uskutecznił niniejszym kalendarzu za pozwoleniem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN). Polskie Normy bez daty wydania wzięto z projektów PN (Wiadomości PKN). Przed korzystaniem zatem z nich należy sprawdzić ich zgodność z oryginalnymi arkuszami PN (w miarę ukazywania się), które można nabyć w Polskim Komitecie Normalizacyjnym przy M. P. i H. w Warszawie, ul. Elekoralna 2.

# I. Rurociągi

## 1. Średnice nominalne rur wg. PN/B—702\*)

Średnice nominalne $D_n$ w mm	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8							
	10	13	16	20	25	32	40	50	60	70	80	90					
	100	110	125	150	175	200	225	250	275	300	(325)	350	(375)				
		400	450	500	550	600	(650)	700	(750)	800	900						
	1000	1100	1200	(1300)	1400	(1500)	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800				
		3000	3200	3400	3600	3800	4000										

Unikać możliwie średnic ujętych w nawiasy.

Średnice nominalne odpowiadają średnicom wewnętrznym rur żeliwnych i uzbrojeń, w przybliżeniu zaś średnicom rur stalowych, gdyż przy rurach stalowych zasadniczym wymiarem jest średnica zewnętrzna.

\*) Maj 1928.

## 2. Stopniowanie ciśnień wg. PN/B—701\*)

Ciśnienie nominalne $P_n$ $\text{kg/cm}^2$	Najw. dopuszcz. ciśnienie robocze dla						Ciśnienie nominalne $P_n$ $\text{kg/cm}^2$	Najw. dopuszcz. ciśnienie robocze dla							
	wody I		pary II		pary przegrz. III			Hydrauliczne ciśnienie próbne	wody I		pary II		pary przegrz. III		Hydrauliczne ciśnienie próbne
	kołn. i rura	kołn. i rura	kołn.	rura	kołn.	rura			kołn. i rura	kołn. i rura	kołn.	rura			
1	1	1					2	40	40	32	32	25	60		
1,25								50	50	40		32	75		
1,6								64	64	50	40	40	96		
2								80	80	64		50	120		
2,5	2,5	2					4	100	100	80	64	64	150		
3,2								125	125	100		80	190		
4	4	3,2					6,5	160	160	125	100	100	240		
5								200	200	160		125	300		
6	6	5					10	250	250	200	160	160	375		
8	8	6					13	320	320	250		200	480		
10	10	8					16	400	400	320	250	250	600		
12,5	12,5	10					20	500	500	400			750		
16	16	13			10		25	640	640	500			960		
20	20	16			13		32	800	800	640			1200		
25	25	20		20	16		40	1000	1000	800			1500		
32	32	25			20		50								

Podane ciśnienia są to ciśnienia względne.

Ciśnienia nominalne są równe ciśnieniom roboczym dla wody.

Dla każdego ciśnienia nominalnego są podane ciśnienia robocze dla „wody“ I (poniżej 100<sup>0</sup>), „pary“ II (od 100<sup>0</sup> do 300<sup>0</sup> oraz powietrza, gazów i cieczy bezpiecznych) i „pary przegrzanej“ III (od 300<sup>0</sup> do 400<sup>0</sup> oraz gazów i cieczy niebezpiecznych).

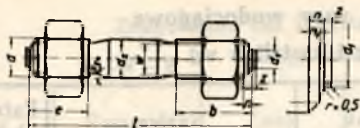
Ciśnienie próbne w każdym stopniu jest jednakowe dla „wody“ „pary“ i „pary przegrzanej“, różnym bywa tylko jego stosunek do ciśnienia roboczego.

Rubryka „rura“ stosuje się do próby rur gładkich bez kołnierzy, rubryka „kołnierz“ do rur uzbrojonych kołnierzem.

Kołnierze ustalają się tylko dla ciśnień oznaczonych tłustym drukiem.

Wskazane ciśnienia próbne są ważne tylko dla prób wytrzymałości rury i nie mogą być stosowane do prób szczelności połączeń.

\*) Maj 1928.



### 3. Śruby dwustronne ze stali węglowej wzmocnionej C 55

wg. PN\*)  
B-1124b

Wymiary w mm

Gwint Whitworth'a

d	cal	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
	mm	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8	57,2	63,5	69,9	76,2
d <sub>2</sub>		12,7	15,9	19,1	22,2	25,4	28,6	31,8	34,9	38,1	44,5	50,8	57,2	63,5	69,9	76,2
b		30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130
c		19	23	27	32	35	40	43	48	51	60	66	73	79	87	90
w		10,7	13,7	17	19,5	22,5	25	28	30,5	33,5	39	44,5	50	56,5	61,8	68
d <sub>1</sub>		6	8	10	11	12	14	16	18	20	24	25	28	30	35	38
n		2	2	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4	4,5	5	6	6	7	7
n <sub>1</sub>		1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5	4	5	5	6	6
z		1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Uwaga: Śruby dwustronne ze stali wzmocnionej w odróżnieniu od zwykłych są obustronnie zaopatrzone w występ walcowy d<sub>1</sub>, z (oznaczenie tymczasowe).

\*) Październik 1932.

### 4. Naprężenia dopuszczalne śrub

a) ze stali węglowej wzmocnionej C 55  
dla temperatur do 400 C wg. PN/B-1124a\*)

Naprężenia dopuszczalne śrub dla wody, pary wodnej nasyconej i gazu  
oraz pary wodnej przegrzanej i gazów niebezpiecznych

Średnica gwintu śrub w calach		5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	
Woda	naprężenie	kG/cm <sup>2</sup>	420	523	600	675	793	872	927	973	1008	1042
	całk. obciąż.	kG	551	1026	1632	2415	4577	7316	10488	14507	19020	25056
Para i gaz	naprężenie	kG/cm <sup>2</sup>	336	419	480	540	635	698	742	778	806	833
	całk. obciąż.	kG	441	821	1305	1932	3662	5853	8390	11605	15216	20045
Para przegr.	naprężenie	kG/cm <sup>2</sup>	269	335	384	432	508	558	594	623	644	666
	całk. obciąż.	kG	353	657	1044	1546	2929	4682	6712	9284	12173	16036

b) ze stali węglowej F 38  
dla temp. poniżej 300 C wg. PN/B-1123\*)

Naprężenia dopuszczalne śrub dla wody oraz pary wodnej nasyconej i gazu

Średnica gwintu śrub w calach		3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/2	1 3/4	2	
Woda	naprężenie	kG/cm <sup>2</sup>	88,4	199	300	374	428	483	567	623	662	695
	całk. obciąż.	kG	39	156	394	733	1165	1725	3269	5225	7491	10362
Para i gaz	naprężenie	kG/cm <sup>2</sup>	70,7	159	240	299	343	386	453	498	530	556
	całk. obciąż.	kG	31,2	125	315	586	932	1380	2615	4180	5993	8290

Materiał: Stal węglowa C 55 wzgl. F 38 według PN/H-210.

Podane naprężenia dopuszczalne mogą być stosowane przy założeniu, iż nakrętki i sworznie śrub są wykonane starannie i dokładnie dociągnięte.

\*) Październik 1932.


## 5. żeliwne rury wodociągowe

Znakowanie rur i kształtek wg.  $\frac{PN^*)}{B-802}$

	Rysunek	Znak	Nazwa	Patrz P.N.
1			Prostka kielichowa	B-803
2			Prostka kołnierzowa	B-804
3			Łuk kielichowy	B-808
4			Krzywka kielichowa	B-809
5			Kolano kołnierzowe	
6			Kolano 2-kołnierzowe	B-811
7			Kolano kielichowe ze stopką	B-810
8			Kolano kołnierzowe ze stopką	
9			Trójnik kielichowy	B-814
10			Trójnik kołnierzowy	
11			Krzyżak kielichowy	B-814
12			Krzyżak 2-kołnierzowy	
13			Trójnik 3-kołnierzowy	B-815

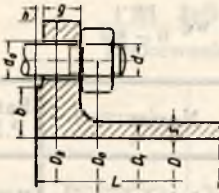
\*) Październik 1926.

Znakowanie rur i kształtek wg.  $\frac{PN^*)}{B-802}$   
(ciąg dalszy)

	Rysunek	Znak	Nazwa	Patrz P.N.
14			Krzyżak kołnierzowy	B-815
15			Zwężka bosa	B-813
16			Zwężka kołnierzowa	
17			Zwężka 2-kołnierzowa	
18			Zwężka kielichowa	B-812
19			Kieliszek	B-805
20			Króciec	B-806
21			Odwodniak kielichowy	B-816
22			Odwodniak kołnierzowy	
23			Korek	B-817
24			Pokrywa	
25			Nasuwka	B-807

\*) Październik 1926.





## żeliwne rury wodociągowe

### Prostka kołnierkowa

według norm ułożonych przez Związek Inżynierów Niemieckich oraz Związek Gazowników i Wodociągowców Niemieckich w r. 1882.

Średnica nominalna	Rura				Kołnierz					Śruby			Ciężar kG			
	ścianka	średnica zewn.	średnica wewn.	dlugość normalna	średnica zewn.	grubość	średnica podział.	powierzchnia doszczelniająca		grubość		ilość	otwór	1 kołnierza	1 m rury bez kołnierzy	rury o dług. normaln. L
	D	s	D <sub>1</sub>	L	D <sub>2</sub>	og	D <sub>0</sub>	b	h	d	d <sub>0</sub>	d	d <sub>0</sub>	1 kołnierza	1 m rury bez kołnierzy	rury o dług. normaln. L
40	8	56	2	140	18	110	25	3	1 1/2	13	4	15	1,89	8,75	21,3	
50	8	66	2	160	18	125	25	3	5/8	16	4	18	2,41	10,6	26,0	
60	8,5	77	3	175	19	135	25	3	5/8	16	4	18	2,96	13,3	45,7	
70	8,5	87	3	185	19	145	25	3	5/8	16	4	18	3,21	15,2	52,0	
80	9	98	3	200	20	160	25	3	5/8	16	4	18	3,84	18,2	62,4	
90	9	108	3	215	20	170	25	3	5/8	16	4	18	4,37	20,3	69,6	
100	9	118	3	230	20	180	28	3	3/4	19	4	21	4,96	22,3	76,9	
125	9,5	144	3	260	21	210	28	3	3/4	19	4	21	6,26	29,1	99,8	
150	10	170	3	290	22	240	28	3	3/4	19	6	21	7,69	36,4	125	
175	10,5	196	3	320	22	270	30	3	3/4	19	6	21	8,96	44,4	151	
200	11	222	3	350	23	300	30	3	3/4	19	6	21	10,7	52,9	180	
225	11,5	248	3	370	23	320	30	3	3/4	19	6	21	11,0	62,0	208	
250	12	274	3	400	24	350	30	3	3/4	19	8	21	13,0	71,6	241	
275	12,5	300	3	425	25	375	30	3	3/4	19	8	21	14,4	81,9	274	
300	13	326	3	450	25	400	30	3	3/4	19	8	21	15,3	92,7	309	
325	13,5	352	3	490	26	435	35	4	7/8	22,5	10	25	19,5	104	351	
350	14	378	3	520	26	465	35	4	7/8	22,5	10	25	21,3	116	391	
375	14	403	4	550	27	495	35	4	7/8	22,5	10	25	24,3	124	545	
400	14,5	429	4	575	27	520	35	4	7/8	22,5	10	25	25,4	137	598	
425	14,5	454	4	600	28	545	35	4	7/8	22,5	12	25	27,6	145	636	
450	15	480	4	630	28	570	35	4	7/8	22,5	12	25	30,0	159	695	
475	15,5	506	4	655	29	600	40	4	7/8	22,5	12	25	32,4	173	758	
500	16	532	4	680	30	625	40	4	7/8	22,5	12	25	34,7	188	822	
550	16,5	583	4	740	33	675	40	5	1	26	14	28,5	44,3	213	940	
600	17	634	4	790	33	725	40	5	1	26	16	28,5	47,4	239	1050	
650	18	686	4	840	33	775	40	5	1	26	18	28,5	50,1	274	1196	
700	19	738	4	900	33	830	40	5	1	26	18	28,5	56,5	311	1358	
750	20	790	4	950	33	880	40	5	1	26	20	28,5	59,8	351	1523	
800	21	842	4	1020	36	940	45	5	1 1/8	29,5	20	32	76,8	393	1724	
900	22,5	945	4	1120	36	1040	45	5	1 1/8	29,5	22	32	83,6	473	2058	
1000	24	1048	4	1220	36	1140	45	5	1 1/8	29,5	24	32	108	560	2456	
1100	26	1152	4	1320	40	1250	45	5	1 1/8	29,5	26	32	113	667	2883	
1200	28	1256	4	1428	40	1355	45	5	1 1/8	29,5	28	32	120	783	3377	

Uwagi: 1. Otwory na śruby w kołnierzach należy rozmieszczać symetrycznie względem osi pionowej, tak jednak, aby żaden z otworów nie leżał na niej.  
2. Ciśnienie robocze dla wody = 10 at, dla pary = 7 at. Ciśnienie próbne 20 at. Dla wyższych ciśnień i temp. powyżej 165 C daje się D mniejsze, D<sub>1</sub> jest stałe.

**Z N O R M A L I Z O W A N E**  
**R U R Y   Ż E L I W N E**

PIONOWO ŁANE w średnicach od 40 do 1200 mm  
i długościach użytkowych do 5 m — oraz

**KSZTAŁTKI I ARMATURĘ**  
do przewodów wodociągowych i gazowych

dostarcza

# **WĘGIERSKA GÓRKA**

Górnicza i Hutnicza Spółka Akcyjna  
w Węgierskiej Górcze, woj. Krakowskie

Rok założ. 1838

**TRWAŁOŚĆ RUROCIAGÓW, WYSOKA  
ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ, NAJNIŻSZY  
WSPÓŁCZYNNIK AMORTYZACYJNY**

zatem niskie koszty inwestycji i utrzymania  
zapewnia tylko

**R U R A   Ż E L I W N A**

posiadająca odpowiednio grube ścianki i nie  
wymagająca żadnej specjalnej izolacji jak  
inne materiały.

**„Węgierska Górka“ wyrabia ponadto:**

ODLEWY MASZYNOWE, BUDOWLANE,  
KOLEJOWE, SPECJALNE KWASO- I ŁUGOODPORNE,  
ODLEWY CIĘŻKIE DO 15 000 kg., WLEWNICE  
dla stalowni i metalowni, ODLEWY HANDLOWE  
oraz wszelkie inne odlewy żeliwne.

**W Y R Ó B „WĘGIERSKIEJ GÓRKI“  
JEST GWARANCJĄ NAJWYŻSZEJ JAKOŚCI**

# ZNORMALIZOWANE ŻELIWNE RURY I Kształtki

STOJĄCO I WIROWO ŁANE  
O ŚREDNICY OD 40 DO 1200 mm

## **NIEZASTĄPIONY MATERJAŁ**

NA PRZEWODY WODOCIĄGOWE  
I GAZOWE, NAJBARDZIEJ TRWAŁY  
I ODPORNY NA KOROZJĘ, DŁUGO-  
WIECZNY, A WIĘC NAJTAŃSZY

**BIURO SPRZEDAŻY RUR  
ZJEDNOCZONYCH ODLEWNI POLSKICH**

**„RUROPOL”**

**WARSZAWA, NOWY ŚWIAT 35**

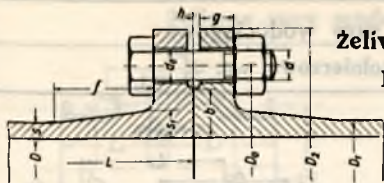
**TELEFONY: 209 - 26 i 274 - 43**

**TELEGRAMY: RUROPOL WARSZAWA**

# żeliwne rury wodociągowe

## Prostka kołnierzowa

wg. PN\*)  
B-804



D	Rura					Kołnierz					Śruby			Ciężar kG	
	s	D <sub>1</sub>	L	s <sub>1</sub>	f	D <sub>2</sub>	g	D <sub>0</sub>	b	h	d	ilość	d <sub>0</sub>		
mm	mm	mm	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cale	mm	mm		
40	8	56	2,5	13	52	150	18	110	22	3	5/8	15,9	4	18	26
50	8	66	2,5	14	52	165	18	125	25	3	5/8	15,9	4	18	33
80	9	98	3	15	54	200	19	160	27	3	5/8	15,9	4	18	62
100	9	118	4	16	55	220	20	180	28	3	5/8	15,9	8	18	100
125	10	145	4	16	56	250	21	210	30	3	5/8	15,9	8	18	135
150	10	170	4	17	58	285	22	240	31	3	3/4	19,0	8	21	160
200	11	222	4	18	60	340	23	295	34	3	3/4	19,0	12	21	230
250	12	274	5 <sup>1)</sup>	20	63	395	24	350	35	3	3/4	19,0	12	21	385 <sup>2)</sup>
300	13	326	5 <sup>1)</sup>	21	65	445	25	400	35	3	3/4	19,0	12	21	495 <sup>2)</sup>
350	14	378	5 <sup>1)</sup>	22	68	505	26	460	40	4	3/4	19,0	16	21	620 <sup>2)</sup>
400	15	430	5 <sup>1)</sup>	24	70	565	27	515	40	4	7/8	22,2	16	25	760 <sup>2)</sup>
500	16	532	5 <sup>1)</sup>	26	75	670	30	620	42	4	7/8	22,2	20	25	1010 <sup>2)</sup>
600	18	636	5 <sup>1)</sup>	27	80	780	33	725	42	5	1	25,4	20	28	1360 <sup>2)</sup>
700	20	740	5 <sup>1)</sup>	30	85	895	33	840	50	5	1	25,4	24	28	1760 <sup>2)</sup>
800	22	844	5 <sup>1)</sup>	33	90	1015	36	950	52	5	1 1/8	28,6	24	32	2220 <sup>2)</sup>

1) Dopuszczalne są długości L = 4 m.

2) Ciężar obliczony przy długości L = 5 m.

\*) Październik 1926.

### Układ otworów do śrub wg. PN\*\*) B-1126

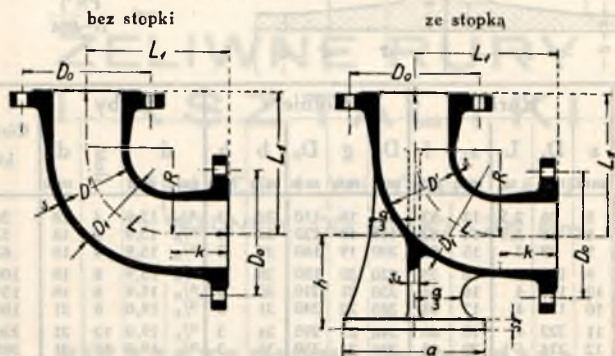
Ilość otworów	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
	Układ otworów do śrub													

Ilość otworów do śrub w każdym kołnierzu jest podzielna przez 4.

W rurociągach i uzbrojeniach otwory do śrub należy rozmieszczać symetrycznie do obu głównych osi, tak jednak, aby żaden otwór nie znajdował się na nich. Otwory według PN/G-919.

\*\*) Październik 1932.

**Żeliwne rury wodociągowe**  
**Kolano 2-kolnierzowe wg.  $\frac{PN^*)}{B-811}$**



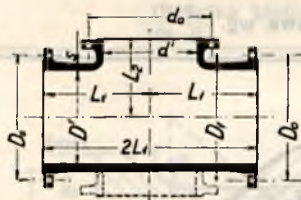
Wymiary w mm

Średnica nominalna D	D'	D <sub>0</sub>	s	D <sub>1</sub>	R	L	L <sub>1</sub>	a	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	h	k	Ciężar kolana	
													bez stopki kG	ze stopką kG
40	37	110	9,5	56	67	251	140	140	14	11	77	73	7	10
50	47	125	9,5	66	77	267	150	150	14	11	105	73	9	12
80	76	160	11	98	104	315	180	180	15	12	123	76	14	20
100	96	180	11	118	122	348	200	200	15	12	135	78	19	28
125	121	210	12	145	145	388	225	225	15	12	150	80	25	36
150	146	240	12	170	167	428	250	250	16	13	165	83	34	46
200	196	295	13	222	214	508	300	300	17	14	195	86	50	72
250	245	350	14,5	274	260	588	350	350	18	15	225	90	77	105
300	295	400	15,5	326	307	668	400	400	19	15	255	93	105	140
350	344	460	17	378	352	749	450	450	20	16	285	98	140	190
400	394	515	18	430	399	828	500	500	21	17	315	101	190	250
500	494	620	19	532	491	989	600	600	23	18	375	109	290	390
600	593	725	21,5	636	582	1150	700	700	25	20	435	118	440	580
700	692	840	24	740	677	1309	800	800	27	22	495	123	620	830
800	791	950	26,5	844	769	1469	900	900	29	23	555	131	880	1140

**Uwaga:** Wymiary kolnierza patrz B-804.

\*) Październik 1926.

## żeliwne rury wodociągowe



Trójnik kolnierzowy

oraz

krzyżak kolnierzowy

wg. PN<sup>1)</sup>  
B-815

Wymiary w mm

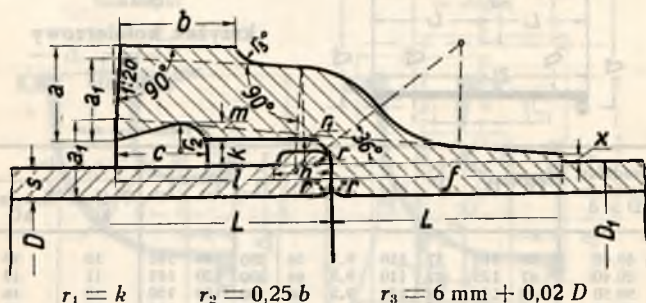
Średnice nominalne D × d	D'	D <sub>0</sub>	d'	d <sub>0</sub>	s	D <sub>1</sub>	2L <sub>1</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Ciężar	
										Trójnik kG	Krzyżak kG
40.40	37	110	37	110	9,5	56	280	140	140	10	13
50.40	47	125	37	110	9,5	66	300	150	145	11	14
50.50	47	125	47	125	9,5	66	300	150	150	12	16
80.50	76	160	47	125	11	98	360	180	165	19	23
80.80	76	160	76	160	11	98	360	180	180	21	27
100.50	96	180	47	125	11	118	400	200	175	23	27
100.80	96	180	76	160	11	118	400	200	190	25	31
100.100	96	180	96	180	11	118	400	200	200	27	34
125.100	121	210	96	180	12	145	450	225	212	34	42
125.125	121	210	121	210	12	145	450	225	225	37	47
150.100	146	240	96	180	12	170	500	250	225	43	51
150.150	146	240	146	240	12	170	500	250	250	48	62
200.100	196	295	96	180	13	222	600	300	250	63	71
200.150	196	295	146	240	13	222	600	300	275	69	82
200.200	196	295	196	295	13	222	600	300	300	75	94
250.150	245	350	146	240	14,5	274	700	350	300	97	111
250.200	245	350	196	295	14,5	274	700	350	325	103	124
250.250	245	350	245	350	14,5	274	700	350	350	110	138
300.150	295	400	146	240	15,5	326	800	400	325	129	144
300.200	295	400	196	295	15,5	326	800	400	350	135	155
300.250	295	400	245	350	15,5	326	800	400	375	145	170
300.300	295	400	295	400	15,5	326	800	400	400	150	185
350.150	344	460	146	240	17	378	900	450	350	175	190
350.200	344	460	196	295	17	378	900	450	375	185	215
350.250	344	460	245	350	17	378	900	450	400	190	220
350.300	344	460	295	400	17	378	900	450	425	200	240
350.350	344	460	344	460	17	378	900	450	450	210	260
400.200	394	515	196	295	18	430	1000	500	400	235	260
400.250	394	515	245	350	18	430	1000	500	425	240	270
400.300	394	515	295	400	18	430	1000	500	450	250	290
400.350	394	515	344	460	18	430	1000	500	475	260	310
400.400	394	515	394	515	18	430	1000	500	500	280	350
500.200	494	620	196	295	19	532	1200	600	450	350	370
500.250	494	620	245	350	19	532	1200	600	475	355	385
500.300	494	620	295	400	19	532	1200	600	500	365	405
500.400	494	620	394	515	19	532	1200	600	550	385	450
500.500	494	620	494	620	19	532	1200	600	600	415	510

**Uwaga:** Wymiary kolnierza patrz B-804. — Przy ciśnieniu roboczym równym 2 albo więcej atmosferom, odgałęzienia muszą być wzmocnione bądź to w ścianie, bądź to żebrami, przy średnicach 300 mm i wyżej.

<sup>1)</sup> Październik 1926.

# Żeliwne rury wodociągowe

Prostka kielichowa wg.  $\frac{PN^*)}{B-803}$



Wymiary w mm

D	D <sub>1</sub>	s	l	f	k	a	a <sub>1</sub>	c	m	b	x	r	n	L	Ciężar całej rury kG
40	56	8	60	63	7	26	21	26	4,5	31	1	3,5	14	2500	25
50	66	8	60	63	7	26	22	26	4,5	31	1	3,5	14	2500	30
80	98	9	60	65	7	27	23	26	4,5	31	1	3,5	14	3000	60
100	118	9	64	66	8	28	23	27	4,5	32	1	3,5	14	4000	96
125	145	10	65	67	8	29	24	27	4,5	32	1	3,5	14	4000	131
150	170	10	66	69	8	30	25	28	4,5	33	1	4	15	4000	156
200	222	11	68	72	8	32	27	29	5	34	1	4	15	4000	225
250	274	12	70	75	9	34	29	30	5	35	1	4	16	5000 <sup>1)</sup>	376 <sup>2)</sup>
300	326	13	72	78	9	36	30	31	5	36	1,5	4,5	17	5000 <sup>1)</sup>	487 <sup>2)</sup>
350	378	14	74	81	9	38	32	32	5,5	37	1,5	4,5	18	5000 <sup>1)</sup>	610 <sup>2)</sup>
400	430	15	76	84	10	40	34	33	5,5	38	1,5	5	18	5000 <sup>1)</sup>	746 <sup>2)</sup>
500	532	16	80	90	10	44	37	35	5,5	40	1,5	5	20	5000 <sup>1)</sup>	993 <sup>2)</sup>
600	636	18	84	96	11	48	41	37	6	42	2	5,5	21	5000 <sup>1)</sup>	1341 <sup>2)</sup>
700	740	20	88	102	11	52	44	39	6,5	44	2	6	23	5000 <sup>1)</sup>	1737 <sup>2)</sup>
800	844	22	92	108	12	56	48	41	6,5	46	2,5	6,5	24	5000 <sup>1)</sup>	2185 <sup>2)</sup>
900	948	24	96	114	13	60	51	43	7	48	2,5	7	26	5000 <sup>1)</sup>	2685 <sup>2)</sup>
1000	1052	26	100	120	13	64	55	45	7	50	2,5	7	27	5000 <sup>1)</sup>	3237 <sup>2)</sup>
1200	1260	30	108	132	13	72	62	49	7,5	54	3	8	30	5000 <sup>1)</sup>	4494 <sup>2)</sup>

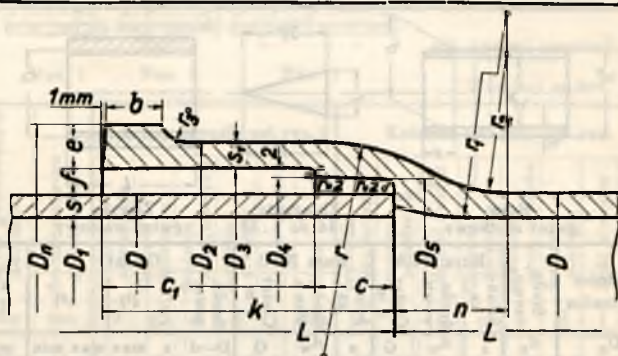
1) Dopuszczalne są długości L = 4000 mm.

2) Ciężar obliczony przy długości L = 5000 mm.

\*) Październik 1932 (wydanie 2-gie poprawione).

## 6. Żeliwne rury kanalizacyjne

Prostka kielichowa wg. PN  
B-952



Wymiary w mm

Średnica nominalna (wewnętrzna)	Rura		Kielich																	
	Średnica zewnętrzna	Grubość ścianki	Średnice						Głębokość	Długości			Promienie konstrukcyjne				Grubość uszczelnien.	Obrzeża		Grubość ścianki kielicha
			ze-wnętrz-ne	we-wnętrz.	kon-struk-cyjne		k	n		c	c <sub>1</sub>	r	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	f		e	b <sup>1)</sup>	
D <sub>n</sub>	D	s	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	k	n	c	c <sub>1</sub>	r	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	f	e	b <sup>1)</sup>	s <sub>1</sub>	
50	60	5	92	84	72	68	64	65	24	13	52	40	170	30	6	6	10	13	6	
70	80	5	114	106	92	88	84	70	26	14	56	45	180	32	6	6	11	14	7	
100	112	6	146	138	124	120	116	75	28	15	60	50	195	34	7	6	11	14	7	
(125)	137	6	175	167	151	147	143	75	30	15	60	55	210	36	7	7	12	15	8	
150	162	6	200	192	176	172	168	80	32	16	64	60	225	38	8	7	12	15	8	
200	212	6	252	242	226	222	218	90	35	17	73	70	250	40	9	7	13	16	8	

Średnica nominalna (wewnętrzna)	Ciężary w kG (łącznie z kielichem)							Ciężar 1 m rury bez kielicha
	Długość użytkowa rury: L w mm							
	(250)	(500)	(750)	(1000)	(1250)	(1500)	2000	
D <sub>n</sub>								
50	2,6	4,2	5,7	7,3	8,8	10,3	13,5	6,2
70	3,7	5,8	8,0	10,0	12,3	14,3	18,6	8,6
100	5,8	9,5	13,0	16,7	20,3	24,0	31,0	14,3
(125)	7,5	12,0	16,3	21,0	25,3	30,0	39,0	18,0
150	9,0	14,3	19,6	25,0	30,3	35,6	46,3	21,3
200	12,3	19,3	26,3	33,5	40,5	47,5	62,0	28,5

± Odchylenie od wyżej podanych ciężarów nie powinny przekraczać 50%. — Materiał: żeliwo. — Wymiarów w nawiasach należy unikać.

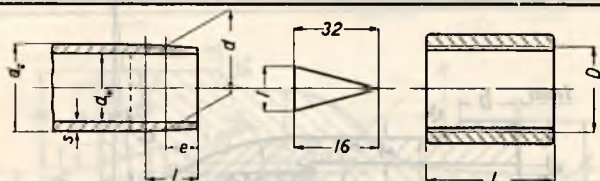
<sup>1)</sup> Tworząca obrzeża o wymiarze „b” jest równoległa do osi rury. Warunki techniczne wyrobu i odbioru p. tabl. PN/B-950



## 7. Rury stalowe gwintowane

RGA lekkie (o normalnej ściance) wg. PN/B—1002\*)

RGB ciężkie (o zgrubionej ściance) wg. PN/B—1003\*)



Rura  
gwint stożkowy

Zbieżność  
1:16 do 1:32

Złączka  
gwint walcowy

Średnica nominalna	Rura RGA						Rura RGB			Gwint				Złączka ka L
	Średn. zewn.	Ściana- ka	Średn. wewn.	Ciężar 1 m	Ściana- ka	Średn. wewn.	Ciężar 1 m	Średn. zewn.	Gwint			min		
									zw/l	l <sup>1)</sup>	e <sup>2)</sup>			
D <sub>n</sub>	d <sub>z</sub>	s	d <sub>w</sub>	G	s	d <sub>w</sub>	G	D=d	z	max	max	min	min	
cale	mm	mm	mm	kG	mm	mm	kG	mm		mm	mm	mm	mm	
1/8	6	10	2	6	0,39	—	—	—	9,729	28	10	5,5	4	20
1/8	8	13,25	2,25	8,75	0,61	2,75	7,75	0,71	13,16	19	11	7	5	25
3/8	10	16,75	2,25	12,25	0,80	2,75	11,25	0,95	16,66	19	13	8	6	30
1/2	13	21,25	2,75	15,75	1,25	3,25	14,75	1,44	20,96	14	16	9	6	35
(5/8)	(16)	23,25	2,75	17,75	1,50	3,25	16,75	1,62	22,91	14	16	9	6	35
	20	26,75	2,75	21,25	1,63	3,5	19,75	2,01	26,44	14	19	13	10	40
1	25	33,5	3,25	27	2,42	4	25,5	2,91	33,25	11	22	14	10	45
1 1/4	32	42,25	3,25	35,75	3,13	4	34,25	3,77	41,91	11	25	17	13	50
1 1/2	40	48,25	3,5	41,25	3,86	4,25	39,75	4,61	47,81	11	25	17	13	55
2	50	60	3,75	52,5	5,20	4,5	51	6,16	59,62	11	28	20	16	60
(2 1/4)	(60)	66	3,75	58,5	5,76	4,5	57	6,83	65,71	11	32	23	18	65
2 1/2	70	75,5	3,75	68	6,64	4,5	66,5	7,88	75,19	11	32	23	18	65
3	80	88,25	4	80,25	8,31	4,75	78,75	9,78	87,89	11	35	26	21	70
3 1/2	90	101	4,25	92,5	10,1	5	91	11,8	100,3	11	38	28	22	80
4	100	113,5	4,25	105	11,5	5	103,5	13,4	113,0	11	41	32	25	85
(4 1/2)	(110)	126,5	4,25	118	12,8	5,5	115,5	16,4	125,7	11	41	32	25	85
5	125	139	4,5	130	14,9	5,5	128	18,1	138,4	11	44	35	28	90
6	150	164,5	4,5	155,5	17,8	5,5	153,5	21,6	163,8	11	51	42	35	100

1) l — użyteczna długość gwintu wg. PN/B—1314. Gwint wg. PN/G—301.

2) e — odległość od końca rury, w której mierzy się średnicę gwintu.

Wymiarów, podanych w nawiasach, należy, o ile możliwości, unikać.

Gwint rury jest stożkowy, gwint złączki walcowy (począwszy od 1" może być również stożkowy). Dwa ostatnie zwoje gwintu mogą być niepełne. Gwint stożkowy nacina się prostopadle do tworzącej stożka; skok mierzy się równoległe do osi.

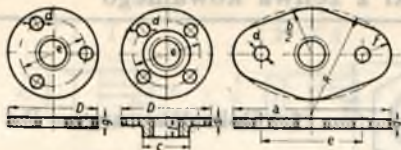
Materiał: stal węglowa. Do oblicz. ciężaru rury przyjęto ciężar właściwy stali 7,85.

Wykonanie: 6 mm — bez szwu, od 8 do 50 mm — spawane na styk albo bez szwu, powyżej 50 mm — bez szwu. Wyrabia się jako czarne, ocynkowane, smołowane, i smołowane z owinięciem juty. D<sub>n</sub> = 6 mm tylko czarne.

Dostawa: w długościach od 4 do 6 1/2 m z gwintem na obu końcach i z jedną nakręconą złączką; na żądanie — bez gwintu i złączki.

Cisnienie próbne wodą dla rur RGA bez złączki: spawanych — 16 atn, bez szwu — 32 atn, dla RGB bez złączki: spawanych — 25 atn, bez szwu — 40 atn.

\*) Październik 1931.



## 8. Kołnierze kute<sup>1)</sup>

do rur  
gwintowanych

wg. norm niemieckich

Rys. 1

Rys. 2

Rys. 3

Wymiary w mm

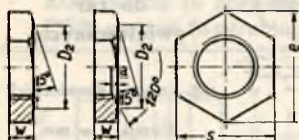
Do rur gwintowanych o średnicy	Średnica otworu gwintowego	Kołnierz okrągły wg. rys. 1						Kołnierz okrągły wg. rys. 2							
		Średnica zewnątrzna	Grubość kołnierza	Średnica rozm. otworów	Średnica otworów	Ilość otworów	Ciężar	Średnica zewnątrzna	Średnica odsadzenia	Długość gwintu	Grubość kołnierza	Średnica rozm. otworów	Średnica otworów	Ilość otworów	Ciężar
cale	mm	D	g	e	d	i	kG	D	c	l	s	e	d	i	kG
1/4	11,4	65	9	44	11,5	3	0,21	70	22	9	5	46	11,5	3	0,13
3/8	15,0	68	9	46	11,5	3	0,23	75	22	11	5	48	11,5	3	0,18
1/2	18,6	71	9	50	11,5	3	0,24	85	27	12	5	56	11,5	3	0,25
5/8	20,6	73	10	54	11,5	3	0,28	95	32	13	5	64	11,5	3	0,29
3/4	24,1	88	10	64	11,5	3	0,42	100	33	13	5	68	11,5	3	0,32
1	30,3	92	10	66	11,5	3	0,44	112	40	14	5	76	11,5	3	0,39
1 1/4	39,0	96	10	68	11,5	3	0,46	125	51	15	5	88	11,5	3	0,51
1 1/2	44,9	103	10	75	11,5	3	0,50	133	56	16	5	95	11,5	3	0,67
(1 3/4)	50,8	116	12	84	14	3	0,75	140	62	17	6	102	14	3	0,75
2	56,7	124	12	92	14	3	0,84	150	70	18	6	110	14	3	1,00
2 1/4	62,8	133	12	100	14	4	0,95	165	80	22	7,5	124	14	4	1,25
2 1/2	72,2	140	15	108	14	4	1,25	173	88	23	7,5	132	14	4	1,54
(2 3/4)	78,6	146	15	114	14	4	1,34	180	95	24	10	138	14	4	1,86
3	85,0	165	18	126	17	4	2,00	190	100	25	10	146	17	4	2,04
3 1/2	97,4	175	18	138	17	4	2,26	203	110	26	10	158	17	4	2,11
4	110,1	190	18	154	17	4	2,55	220	125	27	10	174	17	4	2,70

### Kołnierz owalny wg. rys. 3

Do rur gwint. cale	1/4	3/4	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Średn. otw. gwint. mm	11,4	15,0	18,6	20,6	24,1	30,3	39,0	44,9	56,7	72,2	85,0	110,1
Dług. kołnierza	a	66	70	86	90	94	100	116	124	154	172	194
Szerok. „	b	35	40	48	52	58	66	76	84	102	120	140
Grubość „	g	9	9	9	10	10	10	10	10	12	15	18
Odleg. otworów	e	40	42	54	58	62	68	80	86	106	122	140
Średnica „	d	11,5	11,5	14	14	14	14	17	17	21	21	24
Prom. zaokrągl.	f	13	14	16	16	16	16	18	19	24	25	28

<sup>1)</sup> Grubość kołnierzy żelaznych  $\approx 1\frac{2}{3} g$ ; (rys. 1, rys. 3).

## II. Łączniki z żeliwa kowalnego



1. Dokrętka rurowa P 4

wg. PN  
B-1343

nie-  
obro-  
biona

pół-  
obro-  
biona

Średnica nominalna		Wysokość do- krętki	Rozwartość klucza		Wymiar po krawędziach		Średn. zatocze- nia	Głęb- kość pod- toczenia
Dn			w	s max.	s min.	e 6-gran.		
cale	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm
1/8	6	6	19	18,5	21,6	—	18	1
3/8	8	6	22	21,4	25,4	—	20	1
3/8	10	6	27	26,4	31,2	—	25	1
1/2	15	8	32	31,4	36,9	—	30	1,5
3/4	20	10	36	35,2	41,6	—	33	1,5
1	25	11	46	45,2	53,1	—	43	2
1 1/4	32	13	55	54	63,5	—	52	2
1 1/2	40	13	60	59	69,3	—	56	2
2	50	14	75	74	86,5	—	70	2
(2 1/4)	(60)	16	85	83,5	98	—	80	2
2 1/2	70	16	95	93,5	110	—	90	2
3	80	19	105	103,5	121	—	100	2
3 1/2	90	19	120	118,5	139	—	115	2
4	100	22	135	133,5	156	—	128	2
(4 1/2)	(110)	22	150	148,5	173	162,5	143	2
5	125	22	165	163,5	191	178,5	158	2
6	150	25	190	188,	219	205,5	182	2

Wymiarów, podanych w nawiasach, należy unikać.

Materiał: żeliwo kowalne.

Gwint rurowy Whitworth'a PN/G-301.

Wykonanie 6-ciograniaste, od 4 1/2" zaś 6-cio lub 8-miograniaste — wg. woli wytwórcy, przyczem wymiar s pozostaje ten sam.

Tolerancje szerokości nakrętek i rozwartości kluczy PN/G-902.

Objaśnienia, ciśnienia, tolerancje PN/B-1321.

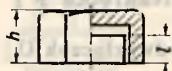
Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia PN/B-1322.

1) Wykończenie: nieobrobiona lub półobrobiona, przyczem wysokość w nakrętek nieobrobionych jest większa o dodatek na obróbkę.

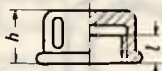
T 1 T 3

T 2 T 4

## 2. Naślępki



graniasta



okrągła

normalna T 1; T 2

wg. PN/B—1346

wysoka T 3; T 4

wg. PN/B—1347

Średnica nominalna		Wysokość		Rozwartość klucza	Długość gwintu		Średn. nomin. uzbrojeń
		T1; T2	T3; T4		T1; T2	T3; T4	
Dn		h	h	s	l	l	Dn
cale	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1/8	6	13	15,5	17	5,5	7	6
1/4	8	15	17	19	7	8,5	8
3/8	10	17	20	22	8	9,5	10
1/2	15	19	22,5	27	9	12	15
3/4	20	22	26,5	32	13	14	20
1	25	24	29,5	41	14	15,5	25
1 1/8	32	27	32,5	50	17	17,5	32
1 1/2	40	27	34	55	17	19	40
2	50	32	38	70	20	21,5	50
(2 1/4)	(60)	35	—	75	23	—	(60)
2 1/2	70	35	41	85	23	24	70
3	80	38	45,5	100	26	26	80
3 1/2	90	41	49,5	110	28	28,5	90
4	100	45	53	130	32	31	100
(4 1/2)	(110)	45	—	145	32	—	(110)
5	125	48	—	150	35	—	125
6	150	54	—	180	42	—	150

Wymiarów, podanych w nawiasach, należy unikać.

Materiał: żeliwo kowalne.

Średnice nominalne wg. nominalnych średnic rur stalowych gwintowanych PN/B—1002 i PN/B—1003.

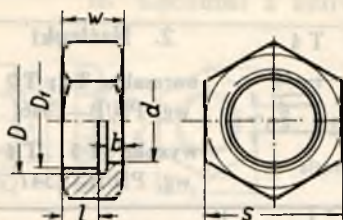
Gwint rurowy Whitworth'a PN/G—301.

Wykonanie naślępki T 1, T 3 6-cio lub 8-mio graniaste, przyczem wymiar s pozostaje ten sam.

Tolerancja rozwartości kluczy PN/G—902.

Objaśnienia, ciśnienia, tolerancje PN/B—1321.

Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia PN/B—1322.



### 3. Nakrętka P 1 do dwuzłaczek U

wg. PN  
B-1342

Średn. nominalna	Nakrętka		Denko		Gwint				Średnica nominalna dwuzłaczki		Średn. nom. uzbrojeń
	wysokość	rozwar- tość klucza	otwór	gru- bość	Średnica		ilość zwojów	długość			
					zewn.	wcwn.			okrag.	gran.	
$D_n$	w	s	d	b	D	$D_1$	z	l	calc	calc	$D_n$
cale	mm	mm	mm	mm	mm	mm	zw/1"	mm	calc	calc	mm
$\frac{1}{8}$	15	27	16	3	20,96	18,63	14	9	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	6
$\frac{5}{8}$	15	27	18,5	3	22,91	20,59	14	9	$\frac{1}{8}$	—	8
$\frac{3}{4}$	16	32	22	4	26,44	24,12	14	9	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	10;8
$\frac{7}{8}$	17	36	25	4	30,20	27,88	14	9	—	$\frac{3}{8}$	10
1	18	41	27,5	4	33,25	30,29	11	10	$\frac{1}{2}$	—	15
$1\frac{1}{8}$	19	46	32	4	37,90	34,94	11	11	—	$\frac{1}{2}$	15
$1\frac{1}{4}$	20	50	36	4	41,91	38,95	11	12	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	20
$1\frac{1}{2}$	22	55	41,5	5	47,81	44,85	11	13	1	1	25
2	24	70	53	6	59,62	56,66	11	13	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	32
$2\frac{1}{4}$	25	75	59	6	65,71	62,76	11	14	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	40
$2\frac{3}{4}$	27	90	74	6	81,54	78,58	11	16	2	2	50
3	28	100	80	6	87,89	84,93	11	17	( $2\frac{1}{4}$ )	( $2\frac{1}{4}$ )	(60)
$3\frac{1}{2}$	30	110	92,5	6	100,3	97,38	11	19	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	70
4	31	130	105	6	113,0	110,1	11	20	3	3	80
$4\frac{1}{2}$	33	135	117	7	125,7	122,8	11	20	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	90
5	34	150	129,5	7	138,4	135,5	11	21	4	—	100
$5\frac{1}{2}$	36	165	141,5	7	151,1	148,2	11	23	( $4\frac{1}{2}$ )	4	100
6	38	180	153	7	163,8	160,9	11	25	—	( $4\frac{1}{2}$ )	(110)
7	42	210	176	8	189,2	186,0	10	27	5	5	125
8	45	235	200	8	214,6	211,4	10	30	6	6	150

**Wymiarów**, podanych w nawiasach, należy unikać. **Materiał**: żeliwo kowalne.

**Gwint rurowy** Whitworth'a PN/G—301.

**Wykonanie**: 6-cio lub 8-miograniaste z podcięciem lub bez — wg. woli wy- twórcy, przyczem wymiar „s” pozostaje ten sam.

**Wykończenie**: półobrobione.

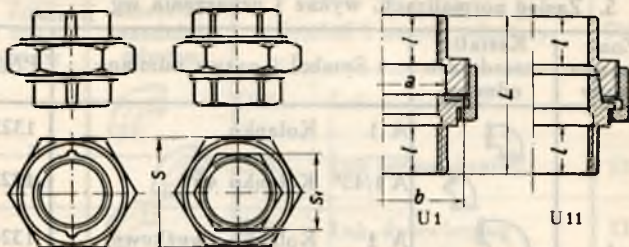
Tolerancje szerokości nakrętek i rozwar-tości kluczy PN/G—902.

Dwuzłaczki U 1 i U 11 PN/B—1349 i FN/B—1350.

Obliczenia, ciśnienia, tolerancje PN/B1321.

Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia PN/B—1322.

**4. Dwuzłaczki** płaskoszczelna U1 wg. PN/B--1349  
zbieżnoszczelna U11 wg. PN/B--1350



okrągła

graniasta

Średnica nominalna dwuzłaczki			Nakrętka P1	Rozwartość klucza		Średnica uszczelki		Długość gwintu l	Długość złączki L ≈
okrągłej	Dn	graniast.		s	s <sub>1</sub>	a	b		
cale	mm	cale	cale	mm	mm	mm	mm	mm	
1/8	6	1/8	1/2	27	17	11	18	8	38
1/4	8	—	5/8	27	—	13	20	9	42
—	8	1/4	3/4	32	19	17	24	9	42
3/8	10	—	3/4	32	—	17	24	11	45
—	10	3/8	7/8	36	22	19	27	11	45
1/2	15	—	1	41	—	21	30	14	48
—	15	1/2	1 1/8	46	27	24	34	14	48
3/4	20	3/4	1 1/4	50	32	27	38	16	52
1	25	1	1 1/2	55	41	32	44	19	58
1 1/4	32	1 1/4	2	70	50	42	55	21	65
1 1/2	40	1 1/2	2 1/4	75	55	46	62	21	70
2	50	2	2 3/4	90	70	60	78	24	78
(2 1/4)	(60)	(2 1/4)	3	100	75	68	84	27	82
2 1/2	70	2 1/2	3 1/2	110	85	75	97	27	85
3	80	3	4	130	100	88	110	30	95
3 1/2	90	3 1/2	4 1/2	135	110	100	120	32	105
4	100	—	5	150	—	113	135	36	110
—	100	4	5 1/2	165	130	120	148	36	110
4 1/2	(110)	—	5 1/2	165	—	120	148	36	115
—	(110)	4 1/2	6	180	135	130	160	36	115
5	125	5	7	210	150	151	185	38	125
6	150	6	8	235	180	175	210	42	135

Wymiarów, podanych w nawiasach, należy unikać.

Średnice nominalne wg. nominalnych średnic rur stalowych gwintowanych PN/B-1002 i PN/B-1003.

Gwint rurowy Whitworth a PN/G-301. Użyteczne długości gwintów PN/B-1314.

Wykonanie okrągłe lub 6-graniaste, przy czym wymiar nakrętki s pozostaje ten sam.

Tolerancje rozwartości kluczy PN/G-902; Nakrętka P1 do dwuzłaczek PN/B-1342.


















Uszczelkę do dwuzłaczki płaskoszczelnej zamawia się oddzielnie z podaniem przeznaczenia dwuzłaczki.

Obliczenia, ciśnienia, tolerancje PN/B-1321.
















Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia PN/B-1322.

## Łączniki z żeliwa kowalnego

### 5. Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia wg. PN B-1322













Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany		PN/B
<b>A</b> Kolanka		A 1	Kolanko	1323
		A 1/45°	Kolanko 45°	1323
		A 1	Kolanko zwężkowe	1324
		A 4	Kolanko jednokrętne	1323
		A 4/45°	Kolanko 45° jednokrętne	1323
		A 8	Kolanko dwukrętne	1323
	<b>B</b> Trójniki		B 1	Trójnik
		B 1/45°	Trójnik 45°	1325
		B 1	Trójnik zwężkowy	1326
		B 4	Trójnik o wkrętnej odnodze	1325
		B 5	Trójnik o przelocie jednokrętным	1325
		B 6	Trójnik o przelocie jednokrętным i odnodze, wkrętnej	1325
		B 8	Trójnik 3-wkrętny	1325
<b>C</b> Krzyżaki		C 1	Krzyżak	1327
		C 1/45°	Krzyżak 45°	1327
		C 1	Krzyżak zwężkowy	1328
		C 8	Krzyżak 4-wkrętny	1327

Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia wg. <sup>PN</sup>  
B-1322












Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany		PN/B
D Łuki		D 1	Łuk	1329
		D 4	Łuk jednowkrętny	1329
		D 8	Łuk dwuwkrętny	1329
E Trójniki łukowe		E 1	Trójnik łukowy	1330
		E 2	Trójnik orłowy	1330
F Krzyżaki łukowe		F 1	Krzyżak łukowy	1330
G Łuki wydłużone		G 1	Łuk wydłużony	1331
		G 1/45°	Łuk wydłużony 45°	1331
		G 1/30°	Łuk wydłużony 30°	1331
		G 4	Łuk wydłużony jednowkrętny	1331
		G 4/45°	Łuk wydłużony 45° jednowkrętny	1331
		G 4/30°	Łuk wydłużony 30° jednowkrętny	1331
		G 8	Łuk wydłużony dwuwkrętny	1331
		G 8/45°	Łuk wydłużony 45° dwuwkrętny	1331
		G 8/30°	Łuk wydłużony 30° dwuwkrętny	1331





















## Łączniki z żeliwa kowalnego

Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany		PN/B
<b>H</b> Trójniki łukowe wydłużone		H 1	Trójnik łukowy wydłużony	
		H 2	Trójnik orłowy wydłużony	
<b>J</b> Krzyżaki łukowe wydłużone		J 1	Krzyżak łukowy wydłużony	
<b>Ka</b> Dwułuki zwarte		Ka 1	Dwułuk zwarty	1333
		Ka 2	Dwułuk zwarty z odnogą	1333
		Ka 3	Dwułuk zwarty z przelotem	1333
<b>Kb</b> Dwułuki rozwarłe		Kb 1	Dwułuk rozwarły	1333
		Kb 2	Dwułuk rozwarły z odnogą	1333
		Kb 3	Dwułuk rozwarły z przelotem	1333
<b>L</b> Odsadzki i przeskoki		L 1	Odsadzka	1334
		L 4	Odsadzka jednowkrętna	1334
		L 8	Odsadzka dwuwkrętna	1334
		L 2	Przeskok	1334

Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia wg. PN  
B-1322

Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany		PN/B
M Złączki i zwężki		M 1	Złączka graniasta	1336
		M 1	Złączka graniasta z gwintem prawym i lewym	1336
		M 2	Złączka okrągła	1336
		M 2	Złączka okrągła z gwintem prawym i lewym	1336
		M 4	Złączka wkrętna	1337
		M 2	Zwężka	1336
		M 3	Zwężka mimośrodkowa	1336
		M 4	Zwężka wkrętna	1337
		M 5	Zwężka wkrętna mimośrodkowa	1337
		M 6	Zwężka wydłużona	1338
	M 7	Zwężka wydłużona mimośrodkowa	1338	
N Skrętki		N 4	Skrętka zwężkowa	1339
		N 5	Skrętka zwężkowa mimośrodkowa	1340
		N 8	Skrętka dwustronna	1341
		N 8	Skrętka dwustronna zwężkowa	1341
P Nakrętki i dokrętki		P 1	Nakrętka do dwuzłączek sześć- lub ośmio- graniasta	1342
		P 4	Dokrętka rurowa sześciograniasta	1343
S Syfony		S 1	Syfon prosty	
		S 2	Syfon skośny	

## Łączniki z żeliwa kowalnego

Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany		PN/B	
<b>T</b> Naślępki i korki		T 1	Naślępka graniasta bez obrzeża	1346	
		T 2	Naślępka okrągła z żeberkami i obrzeżem	1346	
		T 3	Naślępka wysoka graniasta bez obrzeża	1347	
		T 4	Naślępka wysoka okrągła z żeberkami i obrzeżem	1347	
		T 8	Korek do klucza bez obrzeża	1348	
		T 9	Korek do klucza z obrzeżem	1348	
		T 10	Korek z obrzeżem sześci- lub ośmiogromiast.	1348	
<b>U</b> Dwuzłączki		U 1	Dwuzłączka okrągła płasko-szczelna	1349	
		U 1	Dwuzłączka graniasta płasko-szczelna	1349	
		U 11	Dwuzłączka okrągła zbieżno-szczelna	1350	
		U 11	Dwuzłączka graniasta zbieżno-szczelna	1350	
		U 2	Dwuzłączka o wkładce wkrętnej		
		U 3	Dwuzłączka o tulejce wkrętnej		
		U 4	Dwuzłączka dwuwkrętna		
		U 5	Dwuzłączka o tulejce skróconej wkrętnej		
		U 6	Dwuzłączka o tulejce skróconej wkrętnej i o wkładce wkrętnej		
	<b>UA</b> Kolanko z dwuzłączką		UA 1	Kolanko z dwuzłączką	
			UA 11		
		UA 2	Kolanko wkrętne z dwuzłączką		
		UA 12			Kolanko wkrętne z dwuzłączką wkrętne

**ARMATURA** bronzowa i mosiężna

dla

Zakładów Wodociągowych

Gazowni

Elektrowni

innych celów przemysłowych

**ODLEWY**

z

bronzu

fosforbronzu

nikielbronzu

mosiądzu

aluminjum

**SPECJALNOŚĆ:** .

Odlewy wytrzymujące  
ciśnienia oraz kwasoodporne

„O D L E W”

W. L. SZCZEPANOWSKI

Spółka z ogr. odp.

Odlewnia metali — Fabryka armatur

POZNAŃ, EM. SZCHANIECKIEJ 4 b

TELEFON 65 - 91

TELEFON 65 - 91

**NA TEN ZNAK**



ZWRÓCIĆ UWAGĘ  
PRZY ZAKUPIE  
ARMATURY  
GDYŻ





CHRONI  
PRZED

**REKLAMACJAMI  
i KŁOPOTAMI**

TOWARZYSTWO KONTYNTALNE  
DLA HANDLU I PRZEMYSŁU  
SPÓŁKA AKCYJNA

**FABRYKA ARMATUR ŁAGIEWNIKI  
K / KRAKOWA**

Zasięg normalizacji, wykaz i oznaczenia wg. PN  
B-1322

Znak i nazwa grupy	Kształty zasadnicze odmian	Symbol i nazwa odmiany	PN/B
UB Trójniki z dwuzłączką		Trójnik z dwuzłączką na odnodze	
		Trójnik z dwuzłączką wkrętną na odnodze	
		Trójnik z dwuzłączką na przelocie	
		Trójnik z dwuzłączką wkrętną na przelocie	
UD Łuki z dwuzłączką		Łuk z dwuzłączką	
		Łuk z dwuzłączką wkrętną	
UG Łuki wydłużone z dwuzłączką		Łuk wydłużony z dwuzłączką	
		Łuk wydłużony z dwuzłączką wkrętną	
		Łuk wydłużony wkrętny z dwuzłączką	
		Łuk wydłużony wkrętny z dwuzłączką wkrętną	
		Łuk wydłużony 45° z dwuzłączką	
		Łuk wydłużony wkrętny 45° z dwuzłączką	
Z Rozdrożniki		Za 1 Rozdrożnik węglowy o 3-ch odnogach	1372
		Za 2 Rozdrożnik trójnikowy o 4-ch odnogach	1372
		Za 3 Rozdrożnik krzyżakowy o 5-ciu odnogach	1372
		Zb 1 Rozdrożnik widłowy o 3-ch odnogach	1372

Łączniki bez podania numeru tabeli w rubryce PN/B nie zostały narazie znormalizowane. Zwętki M 6 i M 7 wyrabia się tylko w Polsce. Dwuzłączki ze znakami liczbowymi od 1-6 są płaskoszczelne, a ze znakami od 11-16 zbieżnoszczelne. Obliczenia, ciśnienia, tolerancje PN/B - 1321. Gwint rurowy Whitworth'a PN/G - 301. Użyteczne długości gwintów na łącznikach PN/B - 1314.

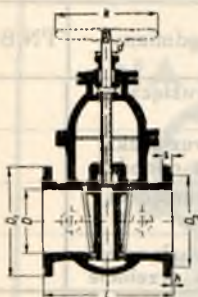
### III. Armatury

#### 1. Zasuwy owalne kolnierzowe

$$\text{wg. } \frac{\text{PN}}{\text{B}-3002}$$

na ciśnienie nomin. 10  $\text{kG/cm}^2$   
dla średnic 40 ÷ 600 mm

na ciśnienie nomin. 6  $\text{kG/cm}^2$   
dla średnic 700 ÷ 1000 mm



Wymiary w mm

D	L	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	s	h	d	a	c	k	D <sub>3</sub> <sup>1)</sup>
40	240	150	84	21	3	20	14	29	180	—
50	250	165	100	21	3	20	14	29	180	—
(60)	260	175	112	21	3	20	14	29	180	—
(70)	270	185	122	21	3	24	17	34	225	—
80	280	200	134	22	3	24	17	34	225	—
100	300	220	156	23	3	26	19	38	280	—
125	325	250	185	24	3	28	19	38	280	—
150	350	285	212	25	3	28	19	38	280	—
200	400	340	268	26	3	32	24	42	320	—
250	450	395	320	27	3	36	27	47	400	25
300	500	445	370	28	3	36	27	47	400	32
350	550	505	430	30	4	40	27	47	400	32
400	600	565	480	31	4	44	32	55	500	40
500	700	670	584	34	4	50	36	66	640	50
600	800	780	684	38	5	50	36	66	640	60
700	900	895	800	38	5	55	41	74	720	70
800	1000	1015	904	41	5	60	41	74	720	80
900	1100	1115	1005	46	5	65	46	80	800	80
1000	1200	1230	1110	50	5	70	50	80	900	100

1) Średnica przewodu okalającego. Wymiarów w nawiasach unikać.

#### Materiał:

Nazwa części	Do pary wodnej nasyc., powietrza i wody	Do gazu
Kadłub, pokrywa, klin i dławnice	Żeliwo	Żeliwo
Pierścienie uszczelniające . . . . .	Bronz	Żeliwo
Wrzeciona . . . . .	Bronz	Stal

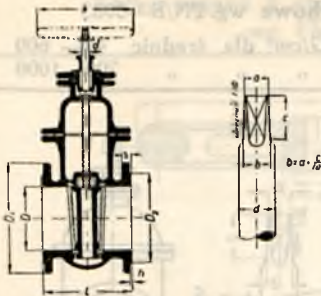
Kolnierze wg. PN/B-804 prócz średnic ujętych w nawiasy. Główki czworokątne wg. PN/B3008. Ciśnienie robocze i próbne wg. PN/B-701. Znakowanie wg. PN/B-3001.

## Zasuwy płaskie kołnierzowe

wg.  $\frac{PN}{B-3004}$

na ciśnienie nomin.  $2,5 \text{ kG/cm}^2$   
dla średnic  $40 \div 600 \text{ mm}$

na ciśnienie nomin.  $1 \text{ kG/cm}^2$   
dla średnic  $700 \div 1000 \text{ mm}$



Wymiary w mm

D	L	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	s	h	d	a	c	k
40	140	150	84	21	3	16	11	26	140
50	150	165	100	21	3	16	11	26	140
(60)	160	175	112	21	3	16	11	26	140
(70)	170	185	122	21	3	18	12	27	160
80	180	200	134	22	3	18	12	27	160
(90)	185	210	148	22	3	20	14	29	180
100	190	220	156	23	3	20	14	29	180
125	200	250	185	24	3	20	14	29	180
150	210	285	212	25	3	20	14	29	180
(175)	220	315	242	26	3	24	17	34	225
200	230	340	268	26	3	24	17	34	225
(225)	240	370	295	26	3	26	19	38	280
250	250	395	320	27	3	26	19	38	280
300	270	445	370	28	3	28	19	38	280
350	290	505	430	30	4	32	24	42	320
400	310	565	480	32	4	32	24	42	320
(450)	330	615	532	32	4	36	27	47	400
500	350	670	584	34	4	40	27	47	400
600	390	780	684	38	5	40	27	47	400
700	430	895	800	38	5	44	32	55	500
800	470	1015	904	41	5	50	36	66	640
900	510	1115	1005	46	5	55	41	74	720
1000	550	1230	1110	50	5	60	41	74	720

Wymiarów ujętych w nawiasy unikać.

### Materiał:

Nazwa części	Do pary wodnej nasyc., powietrza i wody	Do gazu
Kadłub, pokrywa, klin i dławnice	Żeliwo	Żeliwo
Pierścienie uszczelniające . . . . .	Bronz	Żeliwo
Wrzeciona . . . . .	Bronz	Stal

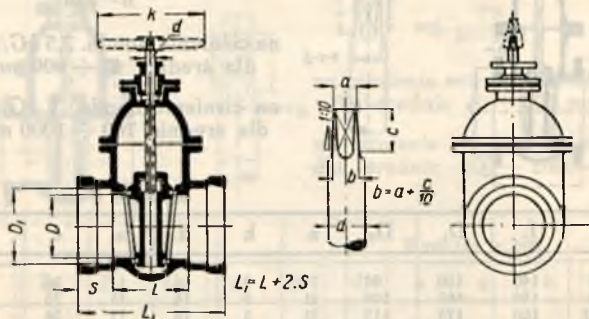
Kołnierze wg. PN/B-804 prócz średnic ujętych w nawiasy. Głównka czworokątna wg. PN/B-3008. Ciśnienie robocze i próbne wg. PN/B-701. Znakowanie wg. PN/B-3001.



## Zasuwy owalne kielichowe wg. PN/B—3003

na ciśnienie nominalne 10 kG/cm<sup>2</sup> dla średnic 40— 600

" " " " " " " " 700—1000



Wymiary w mm

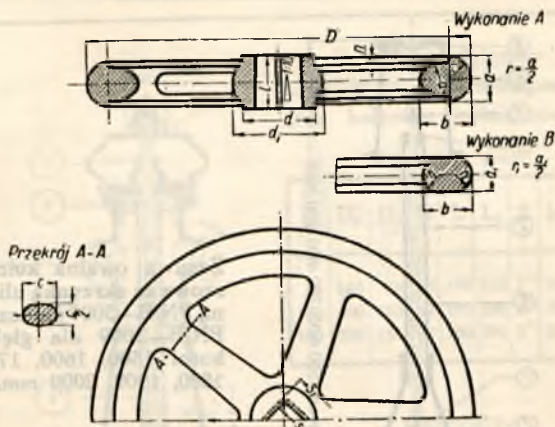
D	L	D <sub>1</sub>	S	d	a	c	k
40	110	70	60	20	14	29	180
50	120	80	60	20	14	29	180
80	150	112	60	24	17	34	225
100	170	134	64	26	19	38	280
125	190	161	65	28	19	38	280
150	210	186	66	28	19	38	280
200	250	238	68	32	24	42	320
250	290	292	70	36	27	47	400
300	330	344	72	36	27	47	400
350	370	396	74	40	27	47	400
400	410	450	76	44	32	55	500
500	490	552	80	50	36	66	640
600	570	658	84	50	36	66	640
700	650	762	88	55	41	74	720
800	730	868	92	60	41	74	720
900	810	974	96	65	46	80	800
1000	890	1078	100	70	50	80	900

### Materiał:

Nazwa części	Do pary wodnej nasyc., powietrza i wody	Do gazu
Kadłub, pokrywa, klin i dławnicę	Żeliwo	Żeliwo
Pierścienie uszczelniające . . . . .	Bronz	Żeliwo
Trzpień . . . . .	Bronz	Stal

Kielichy wg. PN/B—803. Kółko wg. PN/B—3005. Głównka czworokątna wg. PN/B—3008. Ciśnienie robocze i próbne wg. PN/B—701. Znakowanie wg. PN/B—3001.

# Kółko ręczne z otworem kwadratowym wg. PN/B—3005



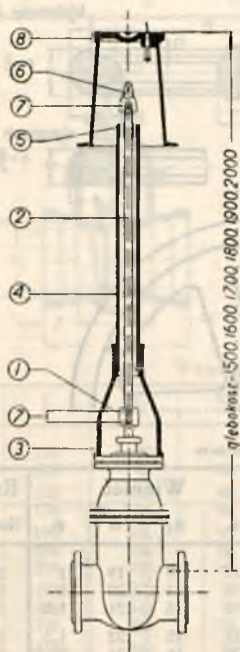
Wymiary w mm

D	Piasta					Wieniec				Ramiona	
	s	s <sub>1</sub>	d	d <sub>1</sub>	l	a	a <sub>1</sub>	b	n	ilość	c
100	9,2	10,9	25	29	17	15	13	19	1	3	14
120	9,2	11,0	27	31	18	16	14	20	1	3	16
140	11,2	13,1	29	34	19	17	14	21	1,5	3	17
160	12,2	14,2	32	38	20	18	15	22	1,5	3	19
180	14,3	16,5	36	42	22	20	16	24	2	3	20
200	14,3	16,7	38	44	24	22	18	26	2	3	22
225	17,3	19,7	42	49	26	24	20	28	2	5	20
250	19,3	22,1	43	50	28	26	22	30	2	5	22
280	19,3	22,3	45	54	30	26	22	31	2	5	24
320	24,3	27,3	53	63	33	28	24	33	2	5	26
360	27,3	30,8	57	68	35	30	26	35	2	5	28
400	27,3	31,1	64	77	38	32	28	37	2	5	30
450	32,3	36,5	68	82	42	34	30	40	2	5	30
500	32,3	36,8	75	90	45	34	30	40	2	5	32
560	36,3	41,3	79	95	50	34	30	40	2	7	30
640	36,3	41,9	86	104	56	36	32	42	2	7	32
720	41,3	47,5	94	114	62	36	32	42	2	7	34
800	46,3	53,1	108	120	68	36	32	42	2	7	34
900	50,3	57,8	110	134	75	38	34	44	2	7	36
1000	55,3	63,5	118	143	82	38	34	44	2	7	38

Materiał — żeliwo. Znakowanie wg. PN/B—3001.

# Schemat ustawiania zasuw

wg. PN/B-3006



Zasuwa owalna kołnierzowa ze skrzynką uliczną PN/B-3007 i kluczem PN/B-3009 dla głębokości 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 mm.

Poz.	Nazwa	Materiał
1	Sprzęgło	żeliwo
2	Przedłużenie wrzeciona	stal węglowa
3	Kaptur	żeliwo
4	Rura ochronna	rura stalowa ocynkowana lub smółowana
5	Prowadnica wrzeciona	żeliwo
6	Główka czworokątna	PN/B-3008
7	Zatyczki	PN/G-472
8	Skrzynka uliczna	PN/B-3007
9	Klucz	PN/B-3009

## 2. Hydrant nadziemny wg. PN/B—3016

z dolnym zamknięciem i samoczynnym odwodnieniem na ciśnienie nominalne 10  $kG/cm^2$

Hydrant nadziemny  
z otworem dla motopompy  
oraz kolaniem kołnierzowym

Wymiary w mm

D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	S	L	L <sub>1</sub>	d	h	k	wg. zlecenia
50	165	80	60	150	150	2"	24		
80	200	112	60	180	180	2"	30		
100	220	134	64	200	200	3"	36		

### Materiał:

bronz — poz. 1 <sup>8</sup>/<sub>8</sub>  
stal — poz. 9, 10  
skóra — poz. 11  
żeliwo — poz. pozostałe

Otwór „k” dla zasilania motopompy tylko na specjalne zlecenie.

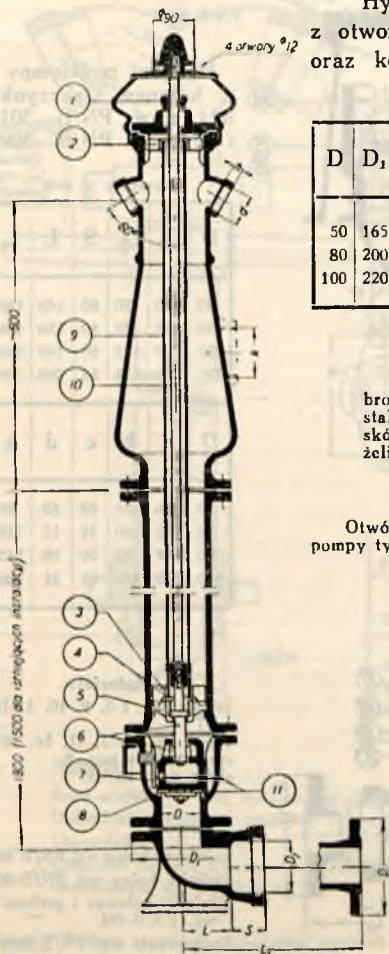
Kolnierze kolan  
wg. PN/B-804

Kielichy kolan  
wg. PN/B-803

Ciśnienie robocze  
i próbne  
wg. PN/B-701

Znakowanie  
wg. PN/B-3001

Konstrukcja hydrantu dowolna, jednak uwzględniająca możliwość wymiany grzybka bez konieczności odkopywania hydrantu.



# Hydrant podziemny wg. PN/B—3011

z samoczynnym odwodnieniem na ciśnienie nominalne  
10 kG/cm<sup>2</sup>

PN/B-3012, 3013

PN/B-3008

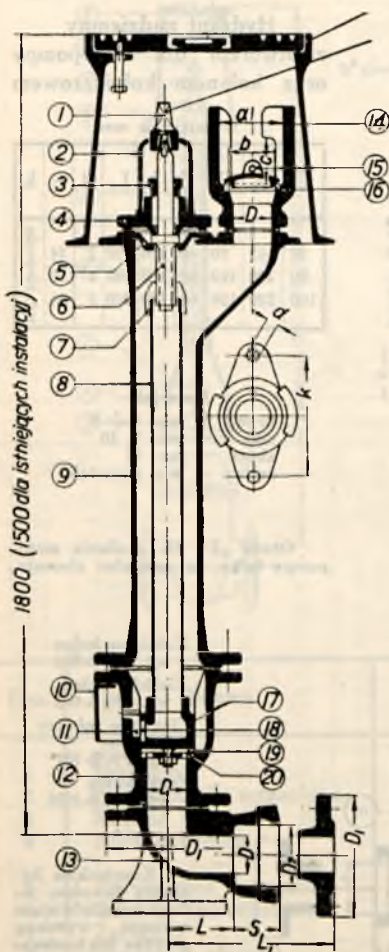
Hydrant podziemny  
z kolaniem, skrzynką  
uliczną PN/B—3012  
i kluczem PN/B—3009

Wymiary w mm

D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	S	L	L <sub>1</sub>
40	150	70	60	140	140
50	165	80	60	150	150
80	200	112	60	180	180
100	220	134	64	200	200

D	a	b	c	d	k
40	86	54	42	15	88
50	95	60	44	15	118
80	114	82	50	18	145
100	145	112	66	21	180



### Materiał:

żeliwo poz. 1-5, 9, 10, 12-15,  
17

brąz poz. 6, 7, 11, 16, 20

rura stalowa poz. 8

skóra poz. 18, 19

kołnierze kolan wg. PN/B 804

kielichy kolan wg. PN/B-803

ciśnienie robocze i próbne  
wg. PN/B-701

Znakowanie wg. PN/B-3001

### 3. Stojaki

na ciśnienie nominalne 10  $kG/cm^2$

#### Stojak jednowylotowy

wg. PN  
B-3014

Wymiary w mm

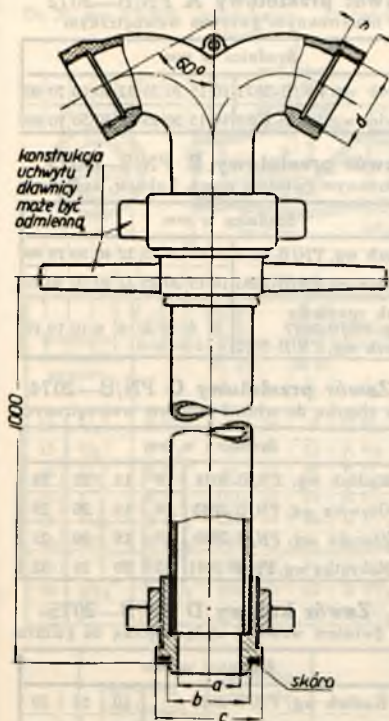
Do hydranta $\phi$	Wymiary w mm				
	a	b	c	d	h
40	40	53	65	R1 $\frac{1}{2}$ "	21
50	50	59	80	R2"	24
80	72	80	105	R3"	30
100	100	110	140	R4"	36

#### Stojak dwuwylotowy

wg. PN  
B-3015

Wymiary w mm

Do hydranta $\phi$	Wymiary w mm				
	a	b	c	d	h
50	50	59	80	R2"	24
80	72	80	105	R2"	24
100	100	110	140	R3"	30



#### Materiał:

Rura stojaka — rura stalowa, miedź lub lekki stop.

Uzbrojenie stojaka — mosiądz, brąz lub lekki stop.

Uszczelnienie — skóra.

Ciśnienie robocze i próbne wg. PN/B-701.

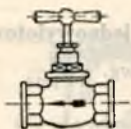
Znakowanie wg. PN/B-3001.

**Uwaga:** Podane wymiary obowiązują również dla stojaków z zaworami.

## 4. Zawory przelotowe i kątowe wg. PN/B—2071

Typy zaworów

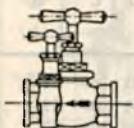
Ciśnienie nominalne 10 atn. Ciśnienie próbne 16 atn.



Typ A

### Zawór przelotowy A PN/B—2072 z obustronnym gwintem wewnętrznym

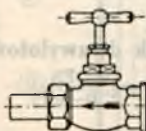
Średnice w mm	
Kadłub wg. PN/B-2072	10 15 20 25 32 40 50 70 80
Głowica wg. PN/B-2083	10 15 20 25 32 40 50 70 80



Typ B

### Zawór przelotowy B PN/B—2073 z obustronnym gwintem wewn. i obustr. nadlewem

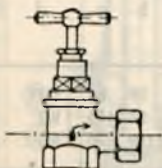
Średnice w mm	
Kadłub wg. PN/B-2073	10 15 20 25 32 40 50 70 80
Głowica wg. PN/B-2083	10 15 20 25 32 40 50 70 80
Kurek spustowy wg. PN/B-2077	6 6 6 6 6 6 10 10 10
Czopek wg. PN/B-2073	



Typ C

### Zawór przelotowy C PN/B—2074 ze złączką do włut. i gwintem wewnętrznym

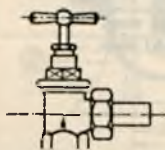
Średnice w mm	
Kadłub wg. PN/B-2074	10 15 20 25
Głowica wg. PN/B-2083	10 15 20 25
Złączka wg. PN/B-2090	10 15 20 25
Nakrętka wg. PN/B-2091	15 20 25 32



Typ D

### Zawór kątowy D PN/B—2075 z gwintem wewn. i stałą złączką do gwintu

Średnice w mm	
Kadłub wg. PN/B-2075	10 15 20
Głowica wg. PN/B-2083	10 15 20
Nakrętka wg. PN/B-2091	10 15 20



Typ E

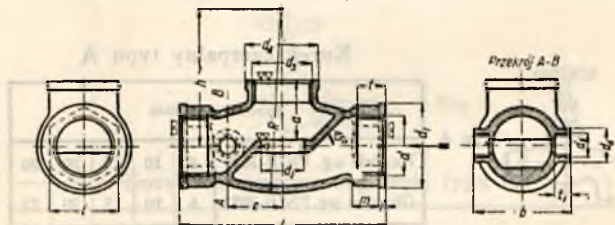
### Zawór kątowy E PN/B—2076 ze złączką do wlotowania i gwintem wewn.

Średnice w mm	
Kadłub wg. PN/B-2076	10 15 20
Głowica wg. PN/B-2083	10 15 20
Złączka wg. PN/B-2090	10 15 20
Nakrętka wg. PN/B-2091	15 20 25

## Zawór przelotowy typu B wg. PN/B-2073

Kadłub z obustronnym gwintem wewnętrznym i obustronnym nadlewem z jednej strony dla czopka, a z drugiej dla kurka spustowego.  
Ciśnienie robocze 10 atn. Ciśnienia próbne 16 atn.

Do 25 mm kielich sześciokątny. Powyżej 25 mm, kielich ośmiokątny.



Wymiary w mm

Średnica nominalna zaworu	Gwint kielicha d	Długość kadłuba I.	a	Średnica przelotu d <sub>2</sub>	Gwint głowicy d <sub>3</sub>	R	h	l	m	f		
										≈	t	
10	3/8"	R 3/8"	58	20	9	R 3/8"	44	30	22	9	3	10
15	1/2"	R 1/2"	69	20	12	R 1/2"	52	36	24	11	4	12
20	3/4"	R 3/4"	84	24	18	R 3/4"	77	57	32	13	4	13
25	1"	R 1"	101	32	23	R 1"	102	75	41	13	5	15
32	1 1/4"	R 1 1/4"	124	38	29	R 1 1/4"	106	74	50	17	5	18
40	1 1/2"	R 1 1/2"	145	42	34	R 1 1/2"	127	91	55	19	6	21
50	2"	R 2"	175	50	50	R 2 1/4"	140	120	70	20	6	23
70	2 1/2"	R 2 1/2"	208	60	62	R 2 3/4"	180	120	90	22	7	24
80	3"	R 3"	235	70	73	R 3 1/4"	226	158	100	23	8	25

Średnica nominalna zaworu	Średnica obrzeża		Nadlew dla kurka spustowego					
	d <sub>1</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	t <sub>1</sub>	b	c	
10	3/8"	26	24	1/4"	18	7	36	13,5
15	1/2"	30	26	1/4"	18	7	40	16
20	3/4"	38	33	1/4"	18	8	48	20
25	1"	47	40	1/4"	18	9	58	26
32	1 1/4"	55	53	1/4"	18	9	68	32
40	1 1/2"	62	62	1/4"	18	9	76	38
50	2"	75	82	1/4"	18	9	88	51
70	2 1/2"	95	94	3/8"	24	10	108	63
80	3"	110	108	3/8"	24	10	124	74

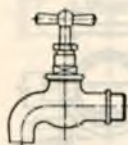
Wymiary niepodane — dowolne. Materiał: 1. mosiądz, 2. bronz.



## 5. Kurki czerpalne wg. PN/B—2077

### Typy kurków

Ciśnienie robocze 10 atn. Ciśnienie próbne 16 atn.



Typ A

### Kurek czerpalny typu A

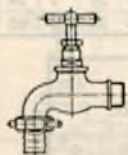
Średnice w mm					
Kadłub wg. PN/B-2079	6	10	15	20	20
Głowica wg. PN/B-2083	6	10	15	20	25



Typ B

### Kurek czerpalny typu B

Średnice w mm			
Kadłub wg. PN/B-2080		15	20
Głowica wg. PN/B-2083		15	20
Nakrętka wylotowa wg. PN/B-2087		15	20



Typ C

### Kurek czerpalny typu C

Średnice w mm					
Kadłub wg. PN/B-2081	10	15	20	25	
Głowica wg. PN/B-2083	15	20	25	32	
Nakrętka wg. PN/B-2088	10	15	20	25	
Złączka do węża wg. PN/B-2089	10	15	20	25	

**Wykończenie:** surowe; polerowane; polerowane i poniklowane.

**Materiał:** 1. miedź, 2. brąz.

**Gwint Whitworth'a do rur PN/G-301.** Stopniowanie ciśnień wg. PN/B-701.

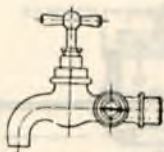
**Znakowanie armatur PN/B-3001.**

**Uwaga:** Szkice typów, zamieszczone na tym arkuszu, nie są miarodajne przy wykonywaniu np. kształtu rączki.

# Kurki czerpalne z regulacją wg. PN/B-2078

## Typy kurków

Ciśnienie robocze 10 atn. Ciśnienie próbne 16 atn.



Typ A

Kurek czerpalny z regulacją typu A

Średnice w mm		
Kadłub wg. PN/B-2082 . . . . .	15	20
Głowica wg. PN/B-2083 . . . . .	15	20
Stożek regulacyjny wg. PN/B-2086 . . . . .	15	20



Typ B

Kurek czerpalny z regulacją typu B

Średnice w mm		
Kadłub wg. PN/B-2084 . . . . .	15	20
Głowica wg. PN/B-2085 . . . . .	15	20
Stożek regulacyjny wg. PN/B-2086 . . . . .	15	20

**Wykończenie:** surowe; polerowane; polerowane i poniklowane.

**Materiał:** 1. mosiądz, 2. brąz.

**Gwint Whitworth'a do rur PN/G-301.** Stopniowanie ciśnicń wg. PN/B-701.

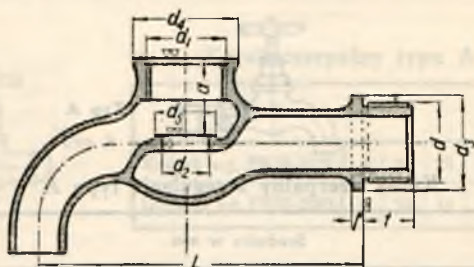
**Znakowanie armatur PN/B-3001.**

**Uwaga:** Szkice typów, zamieszczone na tym arkuszu, nie są miarodajne przy wykonywaniu np. kształtu rączki.

# Kurek czerpalny typu A wg. PN/B-2079

## Kadłub

Ciśnienie robocze 10 atn. Ciśnienie próbne 16 atn.



Wymiary w mm

Średnica nominalna kurka	Gwint złączki	Długość kadłuba			Średnica przelotu	Gwint głowicy				Średnica obrzeża	
		L	a	d <sub>2</sub>		d <sub>1</sub>	d <sub>5</sub>	f	t	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>
6	1/4"	R 1/4"	46	13	8	R 1/4"	11	2	8	19	20
10	3/8"	R 3/8"	67	18	9	R 3/8"	14	3	10	22	25
15	1/2"	R 1/2"	85	21	12	R 1/2"	18	3	13	25	28
20	3/4"	R 3/4"	105	26	18	R 3/4"	23	3,5	16	34	34
25	1"	R 1"	126	30	23	R 1"	29	3,5	23	42	41

Wymiary niepodane uważać należy za dowolne wymiary konstrukcyjne.

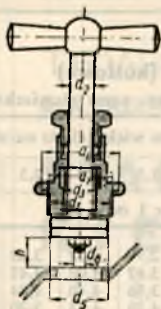
Wykończenie: surowe; polerowane; polerowane i niklowane.

Materiał: 1. bronz, 2. miedź.

Gwint Whitworth'a do rur PN/G-301. Typy kurków i ich oznaczenie PN/B-2077.

Znakowanie armatur PN/B-3001. Stopniowanie ciśnień PN/B-701.

Oznaczenie obróbki PN/o-530.



## 6. Głowica

zaworu przelotowego, kątownego  
i kurka czerpalnego

wg. PN  
B-2083

Wymiary w mm

Średnice nominalne zaworów i kurków	Gwint głowicy $d_1$	Trzpień		Średnica grzybka $d_2$	Średnica grzybka $d_3$	Skok grzybka $h$	Pierścieni uszczel.		Gwint stożka o średnicy $d_5$
		gwint okrągły o średnicy $d_3$	Średnica trzpienia $d_2$				Średnica zewnętrzna $d_4$	Średnica $d_4$	
6	$1/4''$	R $1/4''$	O $8 \times 1/10''$	5	11	5	20	13,5	M 4,5
10	$3/8''$	R $3/8''$	O $10 \times 1/10''$	7	14	6	25	17	M 4,5
15	$1/2''$	R $1/2''$	O $12 \times 1/10''$	9	18	6	28	21,5	M 5
20	$3/4''$	R $3/4''$	O $14,5 \times 1/8''$	11	23	9	34	27	M 5
25	1''	R 1''	O $16,5 \times 1/8''$	13	29	12	41	33,5	M 6
32	$1 1/4''$	R $1 1/4''$	O $18,5 \times 1/8''$	15	37	15	53	42,5	M 6
40	$1 1/2''$	R $1 1/2''$	O $19,5 \times 1/8''$	16	43	18	61	48,5	M 7
50	2''	R $2 1/4''$	O $20,5 \times 1/8''$	17	60	21	81	66	M 10
70	$2 1/2''$	R $2 1/2''$	O $22,5 \times 1/8''$	19	76	30	94	82	M 10
80	3''	R $3 1/4''$	O $24,5 \times 1/8''$	21	88	35	110	94,5	M 10

Wymiary niepodane — dowolne.

Materiał: 1. brąz, 2. miedź.

Głowicę oznacza się według średnicy zaworu lub kurka czerpalnego,

a nie według średnicy gwintu głowicy.

Materiał grzybka pozostawia się do wyboru zamawiającego.

Gwint Whitworth'a do rur PN/G-301. Gwint okrągły PN/G-321<sup>1)</sup>.

Gwint metryczny PN/G-205.

Typy zaworów i kurków i ich oznaczenie PN/B-2071, 2077, 2078.

Stopniowanie ciśnień PN/B-701. Znakowanie armatur PN/B-3001.

Szkic głowicy nie jest miarodajny dla rączki i dławika.

<sup>1)</sup> W opracowaniu.

# IV. Żelazo handlowe i inne metale

## 1. Rury

### Rury stalowe bez szwu ciągnione (kotłowe)

wg. norm niemieckich

Średnica zewnętrzna		Przy normalnej grubości ścianki		Przy grubości ścianki o a mm większej niż normalna							
				0,25	0,50	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
cale	mm	mm	kG/m	obliczony ciężar 1 m w kG							
1 <sup>1/2</sup>	38	2	1,80	1,97	2,17	2,37	2,27	2,95	3,32	3,68	4,08
1 <sup>5/8</sup>	41,5	2,5	2,40	2,60	2,83	3,05	3,26	3,67	4,08	4,47	4,85
1 <sup>3/4</sup>	44,5	2,5	2,60	2,80	3,05	3,28	3,51	3,96	4,40	4,84	5,24
1 <sup>7/8</sup>	47,5	2,5	2,75	3,01	3,26	3,52	3,77	4,26	4,73	5,20	5,65
2	51	2,75	3,25	3,56	3,80	4,07	4,33	4,86	5,37	5,88	6,37
2 <sup>1/8</sup>	54	2,75	3,45	3,74	4,03	4,32	4,60	5,17	5,72	6,25	6,78
2 <sup>1/4</sup>	57	2,75	3,65	3,95	4,26	4,57	4,87	5,47	6,08	6,63	7,20
2 <sup>3/8</sup>	60	3	4,20	4,50	4,83	5,15	5,47	6,10	6,72	7,33	7,92
2 <sup>1/2</sup>	63,5	3	4,45	4,79	5,13	5,48	5,82	6,49	7,14	7,79	8,42
2 <sup>3/4</sup>	70	3	4,90	5,30	5,69	6,07	6,45	7,20	7,94	8,67	9,39
3	76	3	5,35	5,76	6,19	6,61	7,04	7,85	8,64	9,44	10,26
3 <sup>1/4</sup>	83	3,5	6,80	7,28	7,74	8,20	8,66	9,56	10,44	11,29	12,17
3 <sup>1/2</sup>	89	3,5	7,32	7,81	8,31	8,80	9,29	10,27	11,22	12,17	13,11
3 <sup>3/4</sup>	95	3,5	7,83	8,36	8,90	9,43	9,95	11,00	12,03	13,05	14,06
4	102	3,75	9,01	9,58	10,15	10,72	11,29	12,42	13,53	14,63	15,71
4 <sup>1/2</sup>	114	3,75	10,10	10,75	11,40	12,04	12,68	13,95	15,21	16,46	17,69
5	127	4,25	12,75	13,47	14,20	14,91	15,62	17,04	18,45	19,84	21,22
5 <sup>1/2</sup>	140	4,5	14,90	15,70	16,50	17,29	18,08	19,65	21,21	22,76	24,29
6	152	4,5	16,22	17,10	17,96	18,83	19,70	21,41	23,12	24,81	26,49
6 <sup>1/2</sup>	165	4,5	17,65	18,61	19,55	20,50	21,44	23,32	25,18	27,03	28,87
7	178	4,5	19,08	20,11	21,14	22,17	23,19	25,22	27,24	29,26	31,25

### Rury mosiężne bez szwu ciągnione

wg. norm niemieckich

Średnica zewnętrzna	Grubość ścianki w mm											
	0,5		0,75		1		1,5		2		2,5	
	Średnica wewnętrzna d <sub>w</sub> w mm i obliczony ciężar 1 m w kG											
d <sub>z</sub> mm	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m	d <sub>w</sub> mm	ciężar kG/m
5	4	0,06	3,5	0,08	3	0,11	2	0,14				
6	5	0,07	4,5	0,10	4	0,13	3	0,18				
7	6	0,09	5,5	0,13	5	0,16	4	0,22				
8	7	0,10	6,5	0,15	6	0,19	5	0,26				
9	8	0,11	7,5	0,17	7	0,21	6	0,30				
10	9	0,13	8,5	0,19	8	0,24	7	0,34				
11	10	0,14	9,5	0,21	9	0,27	8	0,38				
12			10,5	0,23	10	0,29	9	0,42	8	0,53		
13					11	0,32	10	0,46	9	0,59		
15					13	0,37	12	0,54	11	0,69		
16					14	0,40	13	0,58				
18					16	0,45	15	0,66	14	0,85		

**TRWAŁE I ODPORNE  
DLA PRZEWODÓW G A Z U I W O D Y**

# **STALOWE RURY KIELICHOWE**

Z POŁĄCZENIAMI DO USZCZELNIANIA  
OŁOWIEM, SPAWANIA I T. P., PRÓBO-  
WANE **NA WYSOKIE CIŚNIENIA**

**WIELKA DŁUGOŚĆ**

**LEKKA WAGA**

**ELASTYCZNOŚĆ**

Dogodne i tanie ułożenie – Niemożliwość rozbicia  
Bezpieczeństwo ruchu

## **BIURO SPRZEDAŻY POLSKICH WALCOWNI RUR**

SPÓŁKA Z OGRANICZ. ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ

**KATOWICE**

ul. LOMPY 14

**WARSZAWA**

ul. MONIUSZKI 10

---

WYŁĄCZNY PRZEDSTAWICIEL  
NA POZNAŃSKIE I POMORZE  
**STEFAN DUCHOWSKI**  
BIURO INŻYNIERSKIE  
POZNAŃ UL. BR. PIERACKIEGO 16



HUTA BATORY

**RUROCIĄGI Z RUR  
STAŁOWYCH  
KIELICHOWYCH**



Wykonane w naszych Huciech Batory i Laura z najlepszych surowców **STUZIENNE RURY WIERTNICZE** oraz **STAŁOWE RURY KIELICHOWE** dla przewodu gazów i materj. płynnych

POLECA

**WSPÓLNOTA INTERESÓW.** Katowice, Kościuszki 30  
NA ŻYCZENIE WYSYŁAMY KATALOGI

średnica zewnętrzna	Grubość ścianki w mm											
	0,5		0,75		1		1,5		2		2,5	
	Średnica wewnętrzna $d_w$ w mm i obliczony ciężar 1 m w kG											
$d_z$ mm	$d_w$ mm	ciężar kG/m	$d_w$ mm	ciężar kG/m	$d_w$ mm	ciężar kG/m	$d_w$ mm	ciężar kG/m	$d_w$ mm	ciężar kG/m	$d_w$ mm	ciężar kG/m
20					18	0,51	17	0,74	16	0,96	15	1,17
22					20	0,56	19	0,82	18	1,07	17	1,30
25					23	0,64	22	0,94	21	1,23	20	1,50
28					26	0,72	25	1,06	24	1,39	23	1,70
30					28	0,77	27	1,14	26	1,50	25	1,84
32					30	0,83	29	1,22	28	1,60	27	1,97
35					33	0,91	32	1,34	31	1,76	30	2,17
40					38	1,04	37	1,54	36	2,03	35	2,50
45					43	1,17	42	1,74	41	2,30	40	2,84
50					48	1,31	47	1,94	46	2,56	45	3,17
60					58	1,57			56	3,10	55	3,84
70					68	1,84			66	3,63	65	4,51
80					78	2,11			76	4,17	75	5,17

**Rury miedziane  
bez szwu ciągnione**

wg. PN/H-595

3	2	0,035	1,5	0,047								
4	3	0,049	2,5	0,068	2	0,084						
5	4	0,063	3,5	0,089	3	0,11						
6	5	0,077	4,5	0,11	4	0,14						
7	6	0,090	5,5	0,13	5	0,17	4	0,23				
8	7	0,104	6,5	0,15	6	0,20	5	0,28				
9	8	0,119	7,5	0,17	7	0,23	6	0,32				
10			8,5	0,20	8	0,25	7	0,36	6	0,45		
11			9,5	0,21	9	0,28	8	0,40	7	0,51		
12					10	0,31	9	0,44	8	0,56	7	0,66
14					12	0,36	11	0,53	10	0,67	9	0,81
15					13	0,39	12	0,57	11	0,73	10	0,88
16					14	0,42	13	0,61	12	0,79	11	0,95
18					16	0,48	15	0,70	14	0,90	13	1,08
20					18	0,53	17	0,78	16	1,01	15	1,23
22					20	0,59	19	0,86	18	1,12	17	1,36
25					23	0,67	22	0,98	21	1,29	20	1,58
28					26	0,76	25	1,12	24	1,47	23	1,80
30					28	0,82	27	1,20	26	1,57	25	1,93
32					30	0,87	29	1,28	28	1,68	27	2,07
36					34	0,98	33	1,45	32	1,91	31	2,35
40					38	1,11	37	1,61	36	2,13	35	2,62
45					43	1,23	42	1,83	41	2,40	40	2,98
50					48	1,36	47	2,03	46	2,70	45	3,32
55							52	2,24	51	2,96	50	3,67
60									56	3,24	55	4,04
65									61	3,52	60	4,37
70									66	3,81	65	4,72
75									71	4,08	70	5,07
80									76	4,37	75	5,40
90									86	4,92	85	6,12
100									96	5,58	95	6,82



## Rury ołowiane

d — średnica wewnętrzna

G — ciężar 1 m

s — grubość ścianki

d	s	G	d	s	G	d	s	G	d	s	G	d	s	G
mm	mm	kG	mm	mm	kG	mm	mm	kG	mm	mm	kG	mm	mm	kG
4	2	0,4	9	2	0,8	18	3	2,3	30	3	3,6	50	3	5,7
5	1,5	0,4	3	3	1,3	4	4	3,1	4	4	4,9	4	4	7,7
	2	0,5	10	2	0,9	5	5	4,1	6	6	7,7	6	6	12,0
	3	0,9	3	3	1,5	20	3	2,4	36	3	4,1	8	8	16,3
6	1,5	0,4	4	4	2,0	4	4	3,4	4	4	5,6	55	3	6,2
	2	0,6	12	2	1,0	5	5	4,5	6	6	8,8	5	5	10,7
	3	1,0	3	3	1,6	22	3	2,7	40	3	4,6	7	7	15,4
7	1,5	0,5	4	4	2,3	4	4	3,7	4	4	6,3	60	3	6,7
	2	0,7	15	2	1,2	5	5	4,8	5	5	8,0	5	5	11,6
	3	1,0	3	3	1,9	25	3	3,0	7	7	12,7	7,5	7,5	18,0
8	1,5	0,5	4	4	2,7	4	4	4,0	45	3	5,2	70	4	10,6
	2	0,8	5	5	3,5	5	5	5,4	5	5	8,9	6,5	6,5	17,7
	3	1,2	18	2	1,4	6	6	6,6	7	7	13,0	80	7	20,5

## Ołowiane rury wodociągowe

wg. norm niemieckich

Wymiary i ciężar		Rury przepływowe dla wody pod ciśnieniem								Rury odpływowe			
		3/8	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	
Średnica wewnętrzna	cal mm	10	13	13	20	20	20	25	32	32	40	50	
Średnica zewn. mm		16,5	20	21	28	29	30	35	44	35	43	54	
Grubość ścianki mm		3,25	3,5	4	4	4,5	5	5	6	1,5	1,5	2	
Ciężar 1 m	kG	1,6	2,1	2,4	3,4	3,9	4,5	5,4	8,1	1,8	2,2	3,7	

## Rury gazowe

wg. norm niemieckich

Średnica wewnętrzna (nominalna) rury		cal	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4
		mm	6,35	9,52	12,7	15,87	19,05	25,4	31,75
Gwint <sup>1)</sup>	średnica zewn. w mm		13	16,5	20,5	23	26,5	33	42
	średnica rdzenia w mm		11,3	14,8	18,2	20,7	24,2	30	39
	liczba zwojów na 1 cal		19	19	14	14	14	11	11
Średnica wewnętrzna (nominalna)		cal	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4
		mm	38,1	44,45	50,8	63,5	76,2	88,9	101,6
Gwint <sup>1)</sup>	średnica zewn. w mm		48	52	59	76	89	101,5	114
	średnica rdzenia w mm		45	49	56	73	86	98,5	111
	liczba zwojów na 1 cal		11	11	11	11	11	11	11

<sup>1)</sup> Gwint rur gazowych według norm niemieckich, uchwalonych przez Związek Inżynierów Niemieckich, Związek Gazowników i Wodociągowców Niemieckich oraz Związek Niemieckich Wytwórni Rur w r. 1903. Niezmienny jest wymiar średnicy zewnętrznej rury gazowej równy średnicy zewnętrznej jej gwintu plus około 1/4 mm. Różną grubość ścianki otrzymuje się przez zmianę średnicy wewnętrznej rury. Podawanie średnicy wewnętrznej w calach jest tylko oznaczeniem handlowym rur gazowych.

## 2. Blachy i płyty celuloidowe

Ciężar 1 m<sup>2</sup> blach metalowych i płyt celuloidowych w kG

Grubość w mm	Stal zlewna	Miedź	Mosiądz i nikiel	Cynk	Ołów	Celuloid ≈
0,25	1,946	2,197	2,13	1,72	2,84	—
0,5	3,929	4,394	4,25	3,43	5,68	0,675
1	7,858	8,788	8,51	6,86	11,35	1,35
1,5	11,787	13,182	12,76	10,29	17,03	2,03
2	15,716	17,576	17,02	13,72	22,70	2,70
2,5	19,645	21,970	21,27	17,15	28,38	3,38
3	23,573	26,364	25,52	20,58	34,06	4,05
3,5	27,502	30,758	29,78	24,01	39,74	—
4	31,431	35,152	34,03	27,44	45,42	5,40
4,5	35,360	39,546	38,29	30,87	51,09	—
5	39,289	43,940	42,54	34,31	59,76	6,75
5,5	43,218	48,334	46,79	37,44	62,44	—
6	47,147	52,728	51,05	41,17	68,11	8,10
6,5	51,076	57,122	55,30	44,60	73,79	—
7	55,005	61,516	59,56	48,03	79,47	9,45
7,5	58,934	65,910	63,81	51,46	85,14	—
8	62,862	70,304	68,06	54,89	90,82	10,80
8,5	66,791	74,698	72,32	58,32	99,49	—
9	70,720	79,092	79,57	61,75	102,2	12,15
9,5	74,649	83,486	80,83	65,18	107,8	—
10	78,578	87,880	85,08	68,61	113,5	13,50
10,5	82,507	92,274	89,33	72,04	119,2	—
11	86,436	96,668	93,59	75,47	124,9	14,85
11,5	90,365	101,06	97,84	78,90	130,5	—
12	94,294	105,45	102,1	82,33	136,2	16,20
12,5	98,223	109,85	106,3	85,76	141,9	—
13	102,15	114,24	110,6	89,19	147,6	—
13,5	106,08	118,64	114,8	92,62	153,2	—
14	110,01	123,03	119,1	96,05	158,8	—
14,5	113,93	127,42	123,4	96,49	164,6	—
15	117,87	131,82	127,6	102,9	170,3	—
16	125,72	140,61	136,1	109,8	181,6	—
17	133,58	149,40	144,6	116,6	193,0	—
18	141,44	158,18	153,1	123,5	204,3	—
19	149,30	166,97	161,6	130,3	215,7	—
20	157,16	175,76	170,1	137,2	227,0	—
21	165,01	184,55	178,6	144,0	238,4	—
22	172,70	193,34	187,0	155,0	250,1	—

### Handlowe wymiary blach

Wymiar arkusza w mm	Dla blachy o grubości	Wymiar arkusza w mm	Dla blachy o grubości
1250 × 2500	5 mm do 1,5 mm	711 × 1422	} 1 mm do 0,32 mm poniżej 0,32 ..
1000 × 2000	5 .. do 0,5 ..	650 × 1000	
800 × 1600	1 .. do 0,4 ..	530 × 760	

### 3. Blachy cienkie

#### Blacha żelazna i cynkowa

wg. norm niemieckich

Blacha biała					Blacha czarna			Blacha cynkowa		
Nazwa	Znak	Grubość ≈ mm	Wymiar arkusza ≈ mm	Ciężar arkusza ≈ kG	Numer	Grubość ≈ mm	Ciężar 1 m <sup>2</sup> ≈ kG	Numer	Grubość ≈ mm	Ciężar 1 m <sup>2</sup> ≈ kG
Podwójnej szerokości	Poj. N	0,16	265 × 380	0,129	3	4,5	36	1	0,05	0,35
	IC <sup>4</sup> L	0,20	380 × 520	0,312	4	4,25	34	2	0,10	0,70
	IC <sup>3</sup> L	0,22	"	0,348	5	4	32	3	0,15	1,05
	ICLL	0,24	"	0,375	6	3,75	30	4	0,20	1,40
	ICL	0,28	"	0,446	7	3,5	28	5	0,25	1,75
	IC	0,32	"	0,509	8	3,25	26	6	0,30	2,10
	IX	0,37	"	0,589	9	3	24	7	0,35	2,45
Poczwórnej szerokości	DIC <sup>4</sup> L	0,20	530 × 760	0,624	10	2,75	22	8	0,40	2,80
	DIC <sup>3</sup> L	0,22	"	0,696	11	2,5	20	9	0,45	3,15
	DIC <sup>2</sup> L	0,24	"	0,750	12	2,25	18	10	0,50	3,50
	DICL	0,28	"	0,892	13	2	16	11	0,58	4,06
	DIC	0,32	"	1,018	14	1,75	14	12	0,66	4,62
	DIX	0,37	"	1,178	15	1,5	12	13	0,74	5,18
	DIXX	0,42	"	1,357	16	1,375	11	14	0,82	5,74
	DI <sup>3</sup> X	0,46	"	1,447	17	1,25	10	15	0,95	6,65
	DI <sup>4</sup> X	0,52	"	1,661	18	1,125	9	16	1,08	7,56
	DI <sup>5</sup> X	0,58	"	1,839	19	1,00	8	17	1,21	8,47
	DI <sup>6</sup> X	0,64	"	2,000	20	0,875	7	18	1,34	9,38
	DI <sup>7</sup> X	0,70	"	2,178	21	0,75	6	19	1,47	10,3
	DI <sup>8</sup> X	0,80	"	2,500	22	0,625	5	20	1,60	11,2
	DI <sup>9</sup> X	0,90	"	2,778	23	0,562	4,5	21	1,78	12,5
DI <sup>10</sup> X	1,00	"	3,125	24	0,50	4	22	1,96	13,7	

#### Blacha miedziana, miedziana i aluminiowa (glinowa)

Ciężar 1 m<sup>2</sup> w kG







Grubość mm	Mosiądz	Miedź	Alu- minjum	Grubość mm	Mosiądz	Miedź	Alu- minjum
—	—	—	—	1	8,50	8,90	2,73
0,1	0,85	0,89	—	1,1	—	—	3,00
0,15	1,27	1,33	—	1,2	10,2	10,7	3,28
0,2	1,70	1,78	0,55	1,3	—	—	3,55
0,25	2,12	2,22	0,68	1,4	—	—	3,82
0,3	2,55	2,67	0,82	1,5	12,8	13,4	4,09
0,35	2,97	3,11	0,96	1,8	15,3	16,0	4,91
0,4	3,40	3,56	1,09	2	17,0	17,8	5,46
0,45	3,82	4,00	1,23	2,2	—	—	6,01
0,5	4,25	4,45	1,37	2,5	21,3	22,3	6,83
0,55	—	4,90	—	3	25,5	26,7	8,19
0,6	5,10	5,34	1,64	3,5	29,8	—	9,55
0,7	5,95	6,23	1,91	4,0	34,0	35,6	10,9
0,8	6,80	7,12	2,18	4,5	—	—	12,3
0,9	7,65	8,01	2,46	5	42,5	44,5	13,7

Uwaga. Blacha miedziana wg. PN/H-575, miedziana i aluminiowa wg. norm niemieckich.

## 4. Pręty

### Żelazo kwadratowe, sześciokątne i okrągłe

Ciężar 1 m w kG

Grubość d mm	Ciężar kG/m			Grubość d mm	Ciężar kG/m		
							
5	0,195	0,169	0,153	60	28,080	24,318	22,054
6	0,281	0,243	0,221	62	29,983	25,966	23,549
7	0,382	0,331	0,300	64	31,949	27,668	25,093
8	0,499	0,432	0,392	66	33,977	29,425	26,685
9	0,632	0,547	0,496	68	36,067	31,235	28,327
10	0,780	0,676	0,613	70	38,220	33,100	30,018
11	0,944	0,817	0,741	72	40,435	35,018	31,758
12	1,123	0,973	0,882	74	42,713	36,990	33,547
13	1,318	1,142	1,035	76	45,053	39,017	35,384
14	1,529	1,324	1,201	78	47,455	41,097	37,271
15	1,755	1,520	1,378	80	49,920	43,232	39,207
16	1,997	1,729	1,568	85	56,355	48,805	44,261
17	2,254	1,952	1,770	90	63,180	54,716	49,621
18	2,527	2,189	1,985	95	70,395	60,964	55,288
19	2,816	2,439	2,212	100	78,000	67,550	61,261
20	3,120	2,702	2,450	105	85,995	74,474	67,540
21	3,442	2,979	2,702	110	94,380	81,736	74,126
22	3,775	3,269	2,965	115	103,155	89,335	81,018
23	4,126	3,573	3,241	120	112,320	97,272	88,216
24	4,493	3,891	3,529	125	121,875	105,547	95,720
25	4,875	4,222	3,829	130	131,820	114,160	103,532
26	5,273	4,566	4,141	135	142,155	123,110	111,640
27	5,686	4,924	4,466	140	152,880	132,398	120,072
28	6,115	5,296	4,803	145	163,995	142,024	128,801
29	6,560	5,681	5,152	150	175,500	151,988	137,837
30	7,020	6,080	5,513	155	187,395	162,289	147,180
32	7,987	6,917	6,273	160	199,680	172,928	156,820
34	9,017	7,809	7,082	165	212,355	183,905	166,783
36	10,109	8,754	7,939	170	225,420	195,220	177,044
38	11,263	9,754	8,846	175	238,875	206,872	187,612
40	12,480	10,808	9,802	180	252,720	218,862	198,486
42	13,759	11,916	10,806	185	266,955	231,190	209,666
44	15,101	13,078	11,860	190	281,580	243,856	221,152
46	16,505	14,294	12,953	195	296,595	256,850	232,945
48	17,971	15,564	14,115	200	312,000	270,942	245,044
50	19,500	16,888	15,315	205	327,795	283,879	257,450
52	21,091	18,266	16,565	210	343,980	297,896	270,161
54	22,745	19,698	17,864	215	360,555	312,250	283,179
56	24,461	21,184	19,211	220	377,520	326,942	296,504
58	26,239	22,724	20,608	225	394,875	341,972	310,134

**Uwaga.** Ciężary powyższe trzeba pomnożyć

dla miedzi	dla brązu przez 1,096,
„ miedzi	„ cynku „ 0,917,
„ celulozoidu	„ cbonitu „ 0,165.

## 5. Drut

Ciężar 1000 m drutu w kG

Ciężary właściwe: żelazo kowalne 7,65, stal 7,956, miedź 9,00, mosiądz 8,687

Gru- bość	Żelazo kowalne	Stal	Miedź	Mosiądz	Gru- bość	Żelazo kowalne	Stal	Miedź	Mosiądz
	mm	kG	kG	kG		mm	kG	kG	kG
0,14	0,118	0,122	0,139	0,134	1,4	11,78	12,25	13,86	13,37
0,16	0,154	0,160	0,181	0,175	1,6	15,38	16,00	18,10	17,46
0,18	0,195	0,202	0,229	0,221	1,8	19,47	20,25	22,90	22,11
0,20	0,240	0,250	0,283	0,273	2,0	24,03	20,00	28,28	27,29
0,22	0,291	0,302	0,342	0,330	2,2	29,08	30,24	34,21	33,03
0,24	0,346	0,360	0,407	0,393	2,5	37,55	39,05	44,18	42,65
0,26	0,406	0,422	0,478	0,461	2,8	47,10	48,99	55,42	53,47
0,28	0,471	0,490	0,554	0,535	3,1	57,74	60,05	67,93	65,55
0,31	0,577	0,600	0,679	0,656	3,4	69,46	72,23	81,71	78,85
0,34	0,693	0,722	0,817	0,789	3,8	86,76	90,01	102,1	98,52
0,37	0,823	0,855	0,968	0,934	4,2	105,99	110,23	124,7	120,3
0,40	0,961	1,000	1,131	1,092	4,6	127,14	132,22	149,6	144,4
0,45	1,217	1,265	1,431	1,382	5,0	150,21	156,22	176,7	170,6
0,50	1,502	1,562	1,767	1,706	5,5	181,75	189,02	213,8	206,4
0,55	1,817	1,890	2,138	2,064	6,0	216,30	224,95	254,5	245,6
0,60	2,163	2,249	2,545	2,456	6,5	253,85	264,01	298,6	288,3
0,70	2,944	3,061	3,464	3,343	7,0	294,41	306,19	346,4	334,3
0,80	3,845	3,999	4,524	4,367	7,6	347,04	360,92	408,3	394,1
0,90	4,867	5,061	5,726	5,526	8,2	404,00	420,16	475,3	458,8
1,00	6,008	6,249	7,069	6,823	8,8	465,28	483,89	547,4	528,4
1,10	7,270	7,561	8,553	8,256	9,4	530,89	552,13	624,6	602,9
1,20	8,652	8,998	10,18	9,825	10,0	600,83	624,86	706,9	682,3
1,30	10,154	10,560	11,95	11,53					

## 6. Drut, pręty i rury aluminiowe (glinowe)

Ciężar 1 m w kG

wg. norm niemieckich

Średnica mm	Drut	Średnica mm	Pręty	Średnica zewn. mm	Rury	
					Grubość ścianki w mm	
					0,5	1
0,5	0,00053	11	0,254			
1	0,0021	12	0,302			
1,5	0,0048	13	0,354			
2	0,0085	14	0,411			
2,5	0,013	15	0,472			
3	0,019	16	0,537			
3,5	0,026	18	0,680			
4	0,034	20	0,840			
4,5	0,043	22	1,016			
5	0,053	24	1,209			
5,5	0,064	25	1,312			
6	0,076	26	1,419			
6,5	0,090	28	1,646			
7	0,104	30	1,890			
7,5	0,118	32	2,150			
8	0,136	35	2,572			
9	0,172	38	3,032			
10	0,212	40	3,360			
				5	0,0190	0,0340
				6	0,0233	0,0424
				8	0,0317	0,0590
				10	0,0403	0,0763
				12	0,0487	0,0933
				15	0,0612	0,1185
				20	0,0827	0,1612
				25	0,1039	0,2035
				30	0,1250	0,2460
				35	0,1408	0,2884
				40	0,1612	0,3308
				45	0,1816	0,3731
				50	0,2020	0,4156
				60	0,2430	0,5005
				70	—	0,5825

## 7. Mosiądz handlowy

Wymiary w mm

Ciężar 1 m w kG

s = grubość ścianki

Pręty przeciągane						Rury, kątowniki i płaskowniki		
Wy- miar	Ciężar	Wy- miar	Ciężar	Wy- miar	Ciężar	Wymiar	s	Ciężar
<b>okrągłe</b>						<b>Rury kwadratowe</b>		
		18	2,16	11	0,90	10 × 10	1	0,306
3	0,060	20	2,67	14	1,45	13 × 13	1	0,408
3,5	0,082	22	3,23	17	2,14	16 × 16	1	0,510
4	0,107	25	4,17	20	2,95	20 × 20	1	0,645
4,5	0,135	28	5,23	22	3,58	25 × 25	1	0,815
5	0,167	30	6,01	25	4,61	30 × 30	1	0,990
6	0,240	32	6,84	27	5,40	<b>Rury prostokątne</b>		
7	0,327	35	8,18	32	7,58	16 × 8	1	0,38
8	0,427	38	9,64	36	9,59	20 × 10	1	0,48
9	0,541	40	10,68	41	12,45	25 × 10	1	0,58
10	0,668	45	13,52	<b>kwadratowe</b>		<b>Kątowniki</b>		
11	0,808	50	16,69	6	0,31	10 × 10 × 1		0,17
12	0,961	60	24,03	8	0,54	12 × 12 × 1,5		0,30
13	1,128	<b>sześciokątne</b>		10	0,85	15 × 15 × 1,5		0,39
14	1,308	6	0,27	13	1,45	20 × 20 × 2		0,65
15	1,502	8	0,47	16	2,20	<b>Płaskowniki</b>		
16	1,709	10	0,74	20	3,44	jak miedziane		× 0,96

## 8. Miedź handlowa

Ciężar 1 m w kG

Wymiary w mm

Taśma PN/H-578		Płaskowniki PN/H-585		Pręty przeciągane PN/H-580; H-581 i H-582					
Wymiar	Ciężar	Wy- miar	Ciężar	Wy- miar	Cię- żar	Wy- miar	Cię- żar	Wy- miar	Ciężar
0,10 × 100	0,089	2 × 5	0,089	<b>okrągłe</b>		16	1,789	<b>sześciokątne</b>	
0,12	0,107	8	0,14	2	0,028	18	2,265	8	0,493
0,15	0,134	15	0,27	2,2	0,034	20	2,796	9	0,624
0,18	0,160	3 × 5	0,13	2,5	0,044	22	3,383	10	0,771
0,20	0,178	8	0,21	2,8	0,055	24	4,028	11	0,933
0,25	0,223	15	0,40	3	0,063	26	4,725	12	0,110
0,30	0,267	25	0,67	3,5	0,086	28	5,480	14	1,511
0,35	0,312	4 × 8	0,28	4	0,112	30	6,291	17	2,228
0,40	0,356	12	0,43	4,5	0,142	<b>kwadratowe</b>		19	2,782
0,45	0,401	5 × 10	0,45	5	0,175	10	0,890	22	3,730
0,50	0,445	15	0,67	6	0,252	11	1,077	24	4,440
0,60	0,534	20	0,89	7	0,343	12	1,282	27	5,619
0,70	0,623	30	1,34	8	0,447	14	1,744	30	6,937
0,80	0,712	40	1,78	9	0,566	17	2,572	32	7,893
0,90	0,801	50	2,23	10	0,699	19	3,213	36	9,989
1,0	0,890	60	2,67	11	0,846	22	4,308	41	12,96
1,2	1,068	8 × 15	1,07	12	1,007	24	5,126	46	16,31
1,5	1,335	20	1,42	13	1,181	27	6,488	50	19,27
1,8	1,602	30	2,14	14	1,370	30	8,019	55	23,32
2,0	1,780	50	3,56	15	1,573	32	9,114	60	27,75

## 9. Żelazo płaskie (płaskowniki)

Wymiary walcowane przez huty zrzeszone w Syndykacie Polskich Hut Żelaznych

Wymiar		Ciężar	Wymiar		Ciężar	Wymiar		Ciężar	Wymiar		Ciężar
grub. × szer.	1 m	grub. × szer.	1 m	grub. × szer.	1 m	grub. × szer.	1 m	grub. × szer.	1 m	grub. × szer.	1 m
mm × mm	kG	mm × mm	kG	mm × mm	kG	mm × mm	kG	mm × mm	kG	mm × mm	kG
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> × 13	0,67	8 × 91	5,60	13 × 20	2,00	20 × 32	5,00				
16	0,80	105	6,53	23	2,32	39	6,12				
20	1,02			26	2,66	46	7,22				
23	1,16	10 × 16	1,25	29	2,98	52	8,16				
26	1,31	20	1,56	32	3,31	59	9,26				
29	1,47	23	1,79	36	3,65	65	10,21				
32	1,67	26	2,02	39	4,00	72	11,30				
36	1,80	29	2,26	42	4,30	78	12,25				
39	1,97	32	2,57	46	4,65	91	14,27				
42	2,12	36	2,80	52	5,30	98	15,39				
46	2,30	39	3,11	59	6,00	105	16,49				
52	2,63	42	3,27	65	6,60	130	20,41				
59	3,00	46	3,58	72	7,35						
65	3,30	52	4,05	78	7,95	23 × 39	7,22				
72	3,55	59	4,67	91	9,25	46	8,00				
78	4,00	65	5,00	98	10,00	52	9,30				
91	4,60	78	6,12	105	10,72	59	10,44				
105	5,30	91	7,00			65	11,70				
130	6,60	105	8,24	16 × 20	2,54	72	12,90				
156	8,10	130	10,21	23	2,92	78	14,20				
		11,5 × 20	1,75	26	3,30	91	16,56				
8 × 16	1,00	23	2,00	29	3,70	105	18,96				
20	1,25	26	2,32	32	4,02	130	23,66				
23	1,43	29	2,61	36	4,55	26 × 39	8,00				
26	1,62	32	2,90	39	4,95	46	9,38				
29	1,82	36	3,20	42	5,40	52	10,60				
32	2,05	39	3,48	46	5,75	59	12,00				
36	2,18	42	3,70	52	6,60	65	13,20				
39	2,50	46	4,00	59	7,45	72	15,80				
42	2,62	52	4,64	65	8,25	78	16,00				
46	2,80	59	5,22	72	9,10	91	18,50				
52	3,23	65	5,85	78	9,90	91	18,50				
59	3,73	78	7,10	91	11,60	105	21,44				
66	4,04	91	8,35	98	12,40	130	26,50				
78	4,90	105	9,60	105	13,20	156	31,80				

Program hut zrzeszonych w Syndykacie Polskich Hut Żelaznych  
obejmuje ponadto następujące wymiary płaskowników:

Wymiary w mm

Grubość	Szerokość	Grubość	Szerokość
5 do 17	12 do 19	6,5 do 40	125, 130, 135
5 do 26	20 do 26	6,5 do 40	140, 145, 150
6,5 do 40	26 do 120	6,5 do 20	160, 200, 250

**Uwaga.** Za żelazo płaskie należy uważać materiał o grubości od powyżej 5 mm wzwyż i szerokości od 10 do poniżej 250 mm.

## 10. żelazo taśmowe (taśmowniki)

(obręczówka, bednarka)

Wymiary walcowane przez huty zrzeszone w Syndykacie  
Polskich Hut Żelaznych

Wymiar	Cię- żar	Wymiar	Cię- żar	Wymiar	Cię- żar	Wymiar	Cię- żar
grub. × szer. mm × mm	1 m kG	grub. × szer. mm × mm	1 m kG	grub. × szer. mm × mm	1 m kG	grub. × szer. mm × mm	1 m kG
1 × 16	0,125	1 1/2 × 32	0,377	2 1/2 × 29	0,569	3 1/4 × 91	2,301
20	0,156	39	0,459	32	0,628	105	2,655
23	0,181	46	0,542	39	0,765	130	3,317
26	0,202	52	0,612	46	0,903	156	3,967
29	0,228			52	1,011		
32	0,250	2 × 13	0,202	59	1,167	5 × 13	0,509
		16	0,249	65	1,284		
1 1/4 × 13	0,126	20	0,311			16	0,622
16	0,156	23	0,361	3 1/4 × 13	0,329	20	0,784
20	0,195	26	0,405	16	0,405	23	0,902
23	0,236	29	0,455	20	0,506	26	1,020
26	0,253	32	0,502	20	0,506	29	1,138
29	0,285	39	0,612	23	0,582	32	1,256
32	0,314	46	0,716	26	0,657	39	1,530
39	0,389	52	0,809	29	0,734	46	1,806
		59	0,934	32	0,835	52	2,033
1 1/2 × 13	0,152	65	1,025	39	1,011	59	2,334
16	0,187			46	1,163	65	2,528
20	0,233	2 1/2 × 16	0,327	52	1,315	78	3,032
23	0,271	20	0,389	59	1,517	91	3,541
26	0,303	23	0,451	65	1,644	105	4,085
29	0,341	26	0,510	78	1,971	130	5,057

Ponadto Syndykat Polskich Hut Żelaznych obejmuje produkcją  
następujące jeszcze taśmowniki:

Wymiary w mm

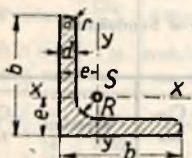
Grubość	Szerokość	Grubość	Szerokość	Grubość	Szerokość
1 ÷ 5	16 ÷ 50	1,5 ÷ 5	61 ÷ 105	3 ÷ 5	166 ÷ 190
1 1/4 ÷ 5	13 ÷ 15	2 ÷ 5	106 ÷ 155	3,5 ÷ 5	195
1 1/4 ÷ 5	51 ÷ 60	2,5 ÷ 5	160 ÷ 165	4 ÷ 5	200, 215

**Uwaga.** Za żelazo taśmowe uważa się materiał o grubości od 5 do 1 mm włącznie i szerokości od 10 do 215 mm włącznie. Żelazo taśmowe o szerokości poniżej 10 mm uważa się za drut płaski.



## V. Kształowniki (dźwigary)

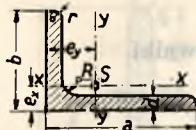
### 1. Kątowniki równoramienne



$$R = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}; \quad r = \frac{R}{2};$$

według norm niemieckich

Oznaczenie └	Przekrój	Ciężar 1 m	Odległość środk. ciężk.	Moment bezwładn	Moment wytrzymał.	Oznaczenie └	Przekrój	Ciężar 1 m	Odległość środk. ciężk.	Moment bezwładn.	Moment wytrzymał.
$b \cdot b \cdot d$ mm	F cm <sup>2</sup>	G kG	e cm	I <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	$b \cdot b \cdot d$ mm	F cm <sup>2</sup>	G kG	e cm	I <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>
15 · 15 · 3	0,82	0,64	0,48	0,15	0,15	75 · 75 · 8	11,5	9,03	2,13	58,9	11,0
15 · 15 · 4	1,05	0,82	0,51	0,19	0,19	75 · 75 · 10	14,1	11,1	2,21	71,4	13,5
20 · 20 · 3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	75 · 75 · 12	16,7	13,1	2,29	82,4	15,8
20 · 20 · 4	1,45	1,14	0,64	0,48	0,35	80 · 80 · 8	12,3	9,66	2,26	72,3	12,6
25 · 25 · 3	1,42	1,12	0,73	0,79	0,45	80 · 80 · 10	15,1	11,9	2,34	87,5	15,5
25 · 25 · 4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58	80 · 80 · 12	17,9	14,1	2,41	102	18,2
30 · 30 · 4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86	90 · 90 · 9	15,5	12,2	2,54	116	18,0
30 · 30 · 5	2,78	2,18	0,92	2,16	1,04	90 · 90 · 11	18,7	14,7	2,62	138	21,6
35 · 35 · 4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	90 · 90 · 13	21,8	17,1	2,70	158	25,1
35 · 35 · 6	3,87	3,04	1,08	4,14	1,71	100 · 100 · 10	19,2	15,1	2,82	177	24,7
40 · 40 · 4	3,08	2,42	1,12	4,48	1,56	100 · 100 · 12	22,7	17,8	2,90	207	29,2
40 · 40 · 5	3,79	2,97	1,16	5,43	1,91	100 · 100 · 14	26,2	20,6	2,98	235	33,5
40 · 40 · 6	4,48	3,52	1,20	6,33	2,26	110 · 110 · 10	21,2	16,6	3,07	239	30,1
45 · 45 · 5	4,30	3,38	1,28	7,83	2,43	110 · 110 · 12	25,1	19,7	3,15	280	35,7
45 · 45 · 7	5,86	4,60	1,36	10,4	3,31	110 · 110 · 14	29,0	22,8	3,21	319	41,0
50 · 50 · 5	4,80	3,77	1,40	11,0	3,05	120 · 120 · 11	25,4	19,9	3,36	341	39,5
50 · 50 · 7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,15	120 · 120 · 13	29,7	23,3	3,44	394	46,0
50 · 50 · 9	8,24	6,47	1,56	17,9	5,20	120 · 120 · 15	33,9	26,6	3,51	446	52,5
55 · 55 · 6	6,31	4,95	1,56	17,3	4,40	130 · 130 · 12	30,0	23,6	3,64	472	50,4
55 · 55 · 8	8,23	6,46	1,64	22,1	5,72	130 · 130 · 14	34,7	27,2	3,72	540	58,2
55 · 55 · 10	10,1	7,90	1,72	26,3	6,97	130 · 130 · 16	39,3	30,9	3,80	605	65,8
60 · 60 · 6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29	140 · 140 · 13	35,0	27,5	3,92	638	63,3
60 · 60 · 8	9,03	7,09	1,77	29,1	6,88	140 · 140 · 15	40,0	31,4	4,00	723	72,3
60 · 60 · 10	11,1	8,69	1,85	34,9	8,41	140 · 140 · 17	45,0	35,3	4,08	805	81,2
65 · 65 · 7	8,70	6,83	1,85	33,4	7,18	150 · 150 · 14	40,3	31,6	4,21	845	78,2
65 · 65 · 9	11,0	8,62	1,93	41,3	9,04	150 · 150 · 16	45,7	35,9	4,29	949	88,7
65 · 65 · 11	13,2	10,3	2,00	48,8	10,8	150 · 150 · 18	51,0	40,1	4,36	1050	99,3
70 · 70 · 7	9,4	7,38	1,97	42,4	8,43	160 · 160 · 15	46,1	36,2	4,49	1100	95,6
70 · 70 · 9	11,9	9,34	2,05	52,6	10,6	160 · 160 · 17	51,8	40,7	4,57	1230	108
70 · 70 · 11	14,3	11,2	2,13	61,8	12,7	160 · 160 · 19	57,5	45,1	4,65	1350	118

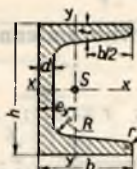


## 2. Kątowniki nierównoramienne

$$R = \frac{d_{max} + d_{min}}{2}; \quad r = \frac{R}{2};$$

według norm niemieckich

Oznaczenie L	Przekrój F	Ciężar G	Odległość środków ciężkości		Momenty bezwładności i wytrzymałości wzgl. osi			
					x—x		y—y	
b · a · d mm	F cm <sup>2</sup>	G kG/m	e <sub>x</sub> cm	e <sub>y</sub> cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>
<b>b : a = 1 : 2</b>								
20 · 40 · 3	1,72	1,35	0,44	1,43	0,47	0,30	2,79	1,08
20 · 40 · 4	2,25	1,77	0,48	1,47	0,60	0,39	3,59	1,42
30 · 60 · 5	4,29	3,37	0,68	2,15	2,60	1,12	15,6	4,04
30 · 60 · 7	5,85	4,59	0,76	2,24	3,41	1,52	20,7	5,50
40 · 80 · 6	6,89	5,41	0,88	2,85	7,59	2,44	44,9	8,73
40 · 80 · 8	9,01	7,07	0,95	2,94	9,68	3,18	57,6	11,4
50 · 100 · 6	8,73	6,85	1,04	3,49	15,3	3,86	89,7	13,8
50 · 100 · 8	11,5	8,99	1,13	3,59	19,5	5,04	116	18,0
50 · 100 · 10	14,1	11,1	1,20	3,67	23,4	6,17	141	22,2
65 · 130 · 8	15,1	11,9	1,37	4,56	44,8	8,72	263	31,1
65 · 130 · 12	22,1	17,3	1,53	4,74	63,0	12,7	376	45,5
75 · 150 · 9	19,5	15,3	1,57	5,28	78,3	13,2	455	46,8
75 · 150 · 13	27,7	21,7	1,73	5,45	107	18,5	631	66,1
100 · 200 · 12	34,8	27,3	2,10	7,03	247	31,3	1440	111
100 · 200 · 16	45,7	35,9	2,26	7,20	316	40,8	1860	145
<b>b : a = 2 : 3</b>								
20 · 30 · 3	1,42	1,11	0,50	0,99	0,44	0,29	1,25	0,62
20 · 30 · 4	1,85	1,45	0,54	1,03	0,55	0,38	1,59	0,81
30 · 45 · 4	2,87	2,25	0,74	1,48	2,05	0,91	5,78	1,91
30 · 45 · 5	3,53	2,77	0,78	1,52	2,47	1,11	6,99	2,35
40 · 60 · 5	4,79	3,76	0,97	1,96	6,11	2,02	17,2	4,25
40 · 60 · 7	6,55	5,14	1,05	2,04	8,07	2,74	23,0	5,79
60 · 90 · 6	8,69	6,82	1,41	2,89	25,8	5,61	71,7	11,7
60 · 90 · 8	11,4	8,96	1,49	2,97	33,0	7,31	92,5	15,4
65 · 100 · 7	11,2	8,77	1,51	3,23	37,6	7,54	113	16,6
65 · 100 · 9	14,2	11,1	1,59	3,32	46,7	9,52	141	21,0
80 · 120 · 8	15,5	12,2	1,87	3,83	80,8	13,2	226	27,6
80 · 120 · 12	22,7	17,8	2,03	4,00	114	19,1	323	40,4
100 · 150 · 10	24,2	19,0	2,34	4,80	198	25,8	552	51,1
100 · 150 · 14	33,2	26,1	2,50	4,97	264	35,2	744	74,1



### 3. Ceowniki

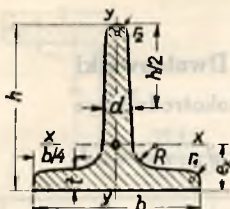
$$R = t; \quad r = 0,7 t$$

według norm niemieckich

Oznaczenie	Wymiary				Przekrój	Ciężar	Odległość środku ciężkości	Momenty bezwładności i wytrzymałości wzgl. osi			
								x — x		y — y	
	h	b	d	t				F	G	e <sub>y</sub>	I <sub>x</sub>
mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kG/m	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	
3	30	33	5	7	5,44	4,27	1,31	6,39	4,26	5,33	2,68
4	40	35	5	7	6,21	4,87	1,33	14,1	7,05	6,68	3,08
5	50	38	5	7	7,12	5,59	1,37	26,4	10,6	9,12	3,75
6 <sup>1/2</sup>	65	42	5,5	7,5	9,03	7,09	1,42	57,5	17,7	14,1	5,07
8	80	45	6	8	11,0	8,64	1,45	106	26,5	19,4	6,36
10	100	50	6	8,5	13,5	10,6	1,55	206	41,2	29,3	8,49
12	120	55	7	9	17,0	13,4	1,60	364	60,7	43,2	11,1
14	140	60	7	10	20,4	16,0	1,75	605	86,4	62,7	14,8
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	1,84	925	116	85,3	18,3
18	180	70	8	11	28,0	22,0	1,92	1350	150	114	22,4
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	2,01	1910	191	148	27,0
22	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2,14	2690	245	197	33,6
24	240	85	9,5	13	42,3	33,2	2,23	3600	300	248	39,6
26	260	90	10	14	48,3	37,9	2,36	4820	371	317	47,7
28	280	95	10	15	53,3	41,8	2,53	6280	448	399	57,2
30	300	100	10	16	58,8	46,2	2,70	8030	535	495	67,8
32	320	100	14	17,5	75,8	59,5	2,60	10870	679	597	80,6
35	350	100	14	16	77,3	60,6	2,40	12840	734	570	75,0
40	400	110	14	18	91,5	71,8	2,65	20350	1020	846	102

#### Dawniejsze ceowniki (do budowy wagonów)

10 <sup>1/2</sup>	105	65	8	8	17,3	13,6	1,88	287	54,4	61,2	13,2
11 <sup>3/4</sup>	117,5	65	10	10	22,6	17,7	1,91	447	76,1	77,1	16,8
14 <sup>1/2</sup>	145	60	8	8	19,8	15,5	1,50	585	80,7	53,6	11,9
23 <sup>1/2</sup>	235	90	10	12	42,4	33,3	2,28	3429	292	272	40,5
26	260	90	10	10	41,6	32,7	1,97	3900	300	237	33,8
30	300	75	10	10	42,8	33,6	1,50	4925	328	145	24,2



#### 4. Teowniki

wysokośrodkowe

$$h = b; d = 0,1h + 1 \text{ mm}; R = d$$

szerokopasowe

$$h = \frac{b}{2}; d = 0,15h + 1 \text{ mm}; R = d$$

$$r_1 = \frac{R}{2}; r_2 = \frac{R}{4}$$

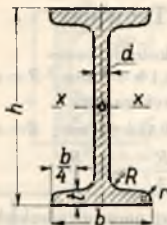
według norm niemieckich

#### Teowniki wysokośrodkowe $b : h = 1 : 1$

Oznaczenie	Wymiary			Przekrój F	Ciężar G	Odległość środków ciężkości $e_x$	Momenty bezwładności i wytrzymałości wzgl. osi			
	b	h	d=t				x — x		y — y	
⊥	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kG/m	cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>
1 <sup>1/2</sup>	15	15	3	0,82	0,65	0,46	0,15	0,14	0,08	0,11
2	20	20	3	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,20	0,20
2 <sup>1/2</sup>	25	25	3,5	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,43	0,34
3	30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,58
3 <sup>1/2</sup>	35	35	4,5	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,57	0,90
4	40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	2,58	1,29
4 <sup>1/2</sup>	45	45	5,5	4,67	3,67	1,26	8,13	2,51	4,01	1,78
5	50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	6,06	2,42
6	60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	12,2	4,07
7	70	70	8	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	22,1	6,32
8	80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	37,0	9,25
9	90	90	10	17,1	13,4	2,48	119	18,2	58,5	13,0
10	100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	88,3	17,7
12	120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	178	29,7
14	140	140	15	39,9	31,3	3,80	660	64,7	330	47,2
16	160	160	15	45,8	35,9	4,20	1010	85,5	490	61,3
18	180	180	18	61,7	48,5	4,80	1720	130	857	95,2

#### Teowniki szerokopasowe $b : h = 2 : 1$

6 · 3	60	30	5,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	8,62	2,87
7 · 3 <sup>1/2</sup>	70	35	6	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	15,1	4,31
8 · 4	80	40	7	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	28,5	7,13
9 · 4 <sup>1/2</sup>	90	45	8	10,2	8,01	1,00	12,7	3,63	46,1	10,2
10 · 5	100	50	8,5	12	9,42	1,09	18,7	4,78	67,7	13,5
12 · 6	120	60	10	17	13,4	1,30	38,0	8,09	137	22,8
14 · 7	140	70	11,5	22,8	17,9	1,51	68,9	12,6	258	36,9
16 · 8	160	80	13	29,5	23,2	1,72	117	18,6	422	52,8
18 · 9	180	90	14,5	37	29,1	1,93	185	26,2	670	74,4
20 · 10	200	100	16	45,4	35,6	2,14	277	35,2	1000	100



## 5. Dwuteowniki

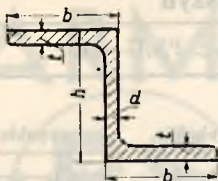
wysokośrednikowe

$$R = d; \quad r = 0,6d;$$

według norm niemieckich

Oznaczenie	Wymiary				Przekrój F	Ciężar G	Momenty bezwładności i wytrzymałości dla osi			
							x — x		y — y	
	h mm	b mm	d mm	t mm			I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>
8	80	42	3,9	5,9	7,58	5,95	77,8	19,5	6,29	3,00
(9)	90	46	4,2	6,3	9,00	7,07	117	26,0	8,80	3,82
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,32	171	34,2	12,2	4,88
(11)	110	54	4,8	7,2	12,3	9,66	239	43,5	16,2	6,00
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,2	328	54,7	21,5	7,41
(13)	130	62	5,4	8,1	16,1	12,6	436	67,1	27,5	8,87
14	140	66	5,7	8,6	18,3	14,4	573	81,9	35,2	10,7
(15)	150	70	6,0	9,0	20,4	16,0	735	98,0	43,9	12,5
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	935	117	54,7	14,8
(17)	170	78	6,6	9,9	25,2	19,8	1166	137	66,6	17,1
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	1450	161	81,3	19,8
(19)	190	86	7,2	10,8	30,5	24,0	1762	186	97,4	22,7
20	200	90	7,5	11,3	33,5	26,3	2140	214	117	26,0
22	220	98	8,1	12,2	39,6	31,1	3060	278	162	33,1
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	4250	354	221	41,7
26	260	113	9,4	14,1	53,4	41,9	5740	442	288	51,0
28	280	119	10,1	15,2	61,1	48,0	7590	542	364	61,2
30	300	125	10,8	16,2	69,1	54,2	9800	653	451	72,2
32	320	131	11,5	17,3	77,8	61,1	12510	782	555	84,7
34	340	137	12,2	18,3	86,8	68,1	15700	923	674	98,4
36	360	143	13,0	19,5	97,1	76,2	19610	1090	818	114
38	380	149	13,7	20,5	107	84,0	24010	1260	975	131
40	400	155	14,4	21,6	118	92,6	29210	1460	1160	149
42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	425	163	15,3	23,0	132	104	36970	1740	1440	176
45	450	170	16,2	24,3	147	115	45850	2040	1730	203
47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	475	178	17,1	25,6	163	128	56480	2380	2090	235
50	500	185	18,0	27,0	180	141	68740	2750	2480	268
55	550	200	19,0	30,0	213	167	99180	3610	3490	349
60	600	215	21,6	32,4	254	199	139000	4630	4670	434

Uwaga: Wymiary podane w nawiasach opuszczono w najnowszych arkuszach norm niemieckich (DIN 1025).



## 6. Zetowniki

Promień zaokrąglenia środka

$$R = t$$

Promień zaokrąglenia stopy

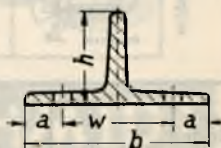
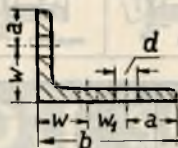
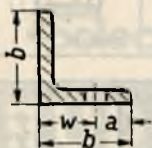
$$r = 0,5t$$

według norm niemieckich

Oznaczenie	Wysokość	Szerokość	Środek	Stopa	Przekrój	Ciężar
	h	b	d	t	F	G
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kG/m
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31
6	60	45	5	6	7,91	6,21
8	80	50	6	7	11,1	8,71
10	100	55	6,5	8	14,5	11,4
12	120	60	7	9	18,2	14,3
14	140	65	8	10	22,9	18,0
16	160	70	8,5	11	27,5	21,6
18	180	75	9,5	12	33,3	26,1
20	200	80	10	13	38,7	30,4

## 7. Nitowanie kątowników i teowników

według norm niemieckich



b	d <sub>max</sub>	w	a	b	d <sub>max</sub>	w	w <sub>1</sub>	a	b	d <sub>max</sub>	w	a
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm	mm	mm	mm
30	8,5	17	13	100	26	55	—	45	7	11	40	15
35	11	20	15	110	26	45	25	40	8	11	50	15
40	11	22	18	115	26	50	25	40	9	14	50	20
45	11	25	20	120	26	50	30	40	10	14	60	20
50	14	30	20	130	26	50	40	40	12	17	70	25
55	17	30	25	140	26	55	45	40	14	20	80	30
60	17	35	25	150	26	55	55	40	16	23	90	35
65	20	35	30	160	29	60	55	45	18	26	100	40
70	20	40	30	170	29	60	65	45	20	26	110	45
75	23	40	35	180	29	60	75	45	—	—	—	—
80	23	45	35	200	32	60	90	50	—	—	—	—
90	26	50	40	250	32	60	140	50	—	—	—	—

# VI. Części maszyn

## Nity — Rodzaje i wymiary wg. PN/G-1101\*

### Nity

kotłowe

mostowe

plaskie

wypukłe

	PN/G-1105	PN/G-1104	PN/G-1106	PN/G-1107
	Rodzaje nitowania (główki nitów z lewej strony)			
Zakówki				
	PN/G-1108		PN/G-1114	PN/G-1118
	PN/G-1111	PN/G-1115	PN/G-1119	
	PN/G-1109	PN/G-1112	PN/G-1116	PN/G-1120
	PN/G-1110	PN/G-1113	PN/G-1117	PN/G-1121

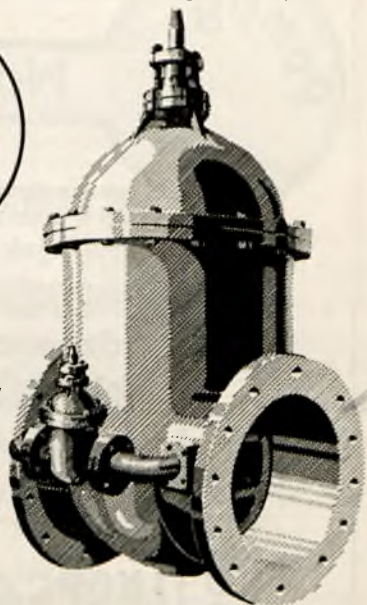
Średn. nita $d_n$	Kotłowe			Mostowe			Zagłęb. płask. i wypukłe				$\alpha$	$t$	Średn. otworu $d_o$	
	D	h	R ~	D <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	R <sub>1</sub> ~	D <sub>2</sub>	$\alpha^0$	h <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> ~				w
10	18	7	9,5	16	6,5	8	16	75	4	20,5	1,5	1	2,8	11
13	23	9	12	21	8,5	11	20,5	60	6,5	27	2	1,5	5,5	14
16	30	12	15,5	26	10	13,5	25	60	8	32,5	2,5	2	7	17
19	35	14	18	30	12	15,5	30	60	9,5	39	3	2	8,5	20
22	40	16	20,5	35	14	18	34,5	60	11	44	3,5	2	10	23
25	45	18	23	40	16	20,5	39,5	60	12,5	51	4	2,5	11,5	26
28	50	20	25,5	45	18	23	44	60	14	54,5	4,5	3	13	29
31	55	22	28	50	20	25,5	49	60	15,5	62,5	5	3	14,5	32
34	60	24	30,5	55	22	28	53,5	60	17	66	5,5	3,5	16	35
37	67	26	34,5	60	24	30,5	58,5	60	18,5	74,5	6	4	17,5	38

\*) Czerwiec 1929.

# ARMATURY



DO  
**WSZYSTKICH  
CEŁOW**  
I DLA  
**NAJWYŻSZYCH  
CIŚNIEN**



poleca

## RUDOLF SCHMIDT

B I A Ł A

FABRYKA ARMATUR, ODLEWNIE BRONZU FOSFOROWEGO, METALI I ŻELAZA

PRZEDSTAWICIELSTWO:

**HAMERLIŃSKI i FULDE, WARSZAWA Al. Jerozolimskie 11**

TEL: BIURO 9-86-30

SKLEP: 9-76-95



ROK ZAŁOŻ. 1893



**Wodociągi**

**Studnie**

**STUDNIE** wiercone  
artezyjskie i abisyńskie

**POMPY**

różnego rodzaju

**WODOCIĄGI**

zwykłe i automatyczne

wykonuje  
solidnie i tanio

**J.KOPCZYŃSKI I SP.**

POZNAŃ MARSZ. FOCHA 127

PRZEDSIĘB. WIERCENIA STUDZIEN

I ZAKŁADANIA WODOCIĄGÓW

FABRYKA POMP - ODLEWNIA ŻELAZA

TEL. 60 42 i 65 68.

## Nitowanie

a) **Połączenia szczelne** (zbiorniki na ciecze i gazy).

Jesli  $s$  grubość blachy w cm,

$$\text{to średnica nita } d = \sqrt{5s} - 0,4 \text{ cm} = s + (7 \div 8) \text{ mm}$$

$s$ mm	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$d$ mm	12	13	15	16	18	20	22	24	26	28	29	30	32	33	35

Podziałka nitowania 1-rzęd.  $t = 3d + 5$  mm; Odlegl. od krawędzi blachy  $e = 0,5t$

„ „ 2-rzęd.  $t = (3,5 \div 4)d$ ; „ między szereg. nitów  $e_1 = 2d$

„ „ 3-rzęd.  $t = (4,5 \div 5)d$ ; „ od końca blachy (pręta)  $e_2 = 2d$

b) **Połączenia mocne** (konstrukcje żelazne):  $d = \sqrt{5s} - 0,2 \text{ cm} = s + (9 \div 10) \text{ mm}$ ;  
 $t = (2,5 \div 3)t$  (1-rzędowe);  $t = 3,5d$  (2-rzędowe);  $e = 0,5t$ ;  $e_1 = (1,5 \div 2)d$ ;  $e_2 = 2d$ .

c) **Połączenia mocne i szczelne** (kotły parowe).

$$\text{Grubość blachy } s = \frac{D \cdot p \cdot u}{2 \mu R_r} + 0,1 \text{ cm, gdzie:}$$

$s$  = grubość blachy w cm;

$D$  = średnica wewn. kotła w cm;

$p$  = ciśnienie robocze w atn (kg/cm<sup>2</sup>);

$R_r = 4000 \div 3600$  kg/cm<sup>2</sup> (wytrzymałość blachy na rozciąganie).

0,1 cm = dodatek na rdzę.

$\mu = \frac{t-d}{t}$  współczynnik wytrzymał. szwu.

$u$  = pewność (dla nitowania maszynowego na zakładkę  $u = 4,5$ , w łubki

$u = 4,0$ ; dla ręcznego na zakładkę

$u = 4,75$ , w łubki  $u = 4,25$ ).

O tem, jaki w danym wypadku rodzaj nitowania zastosować, decyduje iloczyn ze średnicy wewn. kotła  $D$  w cm i panującego w nim ciśnienia  $p$  w kg/cm<sup>2</sup>.

### Nitowanie na zakładkę

jednorzędowe



$$d = s + 8 \text{ mm}$$

$$t = 2d + 8 \text{ mm}$$

$$e = 1,5d;$$

(dla  $D \cdot p = 400 \div 1050$ ).

dwurzędowe



$$d = s + (7 \div 8) \text{ mm}$$

$$t = 2,6d + 5 \text{ mm}$$

$$e = 1,5d; e_1 = 0,6t;$$

(dla  $D \cdot p = 1000 \div 1800$ ).

trójrzędowe



$$d = s + (6 \div 7) \text{ mm}$$

$$t = 3d + 22 \text{ mm}$$

$$e = 1,5d; e_1 = 0,5t;$$

(dla  $D \cdot p = 1700 \div 2500$ ).

### Nitowanie w łubki (na nakładki)

1-rzędowe



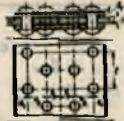
$$d = s + (6 \div 7) \text{ mm}$$

$$t = 2,6d + 10 \text{ mm}$$

$$s_1 \approx 0,65s$$

$e = 1,5d$ ;  $e_1 = 1,35d$ ;  
 (dla  $D \cdot p = 1200 \div 1700$ ).

2-rzędowe —  $t$  równe



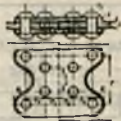
$$d = s + (5 \div 6) \text{ mm}$$

$$t = 3,5d + 15 \text{ mm}$$

$$s_1 \approx 0,65s; e_1 = 1,35d$$

$e_2 = 0,5t$ ;  $e_3 = 1,5d$ ;  
 (dla  $D \cdot p = 1600 \div 2600$ ).

2-rzędowe —  $t$  podwójne



$$d = s + (5 \div 6) \text{ mm}$$

$$t = 5d + 15 \text{ mm}$$

$$s_1 \approx 0,8s; e_1 = 1,5d$$

$e_2 = 0,4t$ ;  $e_3 = 1,5d$ ;  
 (dla  $D \cdot p = 2500 \div 3300$ ).

Szew poprzeczny jest dwukrotnie słabiej obciążony od podłużnego; daje się w nim naogół słabsze nitowanie, pozostawiając przytem nity tej samej grubości.

## 2. Kliny

### Przekroje klinów i wpustek



Wymiary w mm

Średnica wału d	Klin wklęsły PN/G-424 <sup>*)</sup>		Klin płaski PN/G-423 <sup>*)</sup>			Klin wpuszczany PN/G-422 <sup>**)</sup>			Średn. wału d	Klin styczny PN/G-425 <sup>*)</sup>	
	b	h	b	g	k	b	g <sub>1</sub>	k <sub>1</sub>		b <sub>1</sub> <sup>1)</sup>	h <sub>1</sub>
6 ÷ 8	—	—	—	—	—	2	0,8	1,2	60	19,3	7
9 ÷ 10	—	—	—	—	—	3	1,2	1,8	70	21,0	7
11 ÷ 12	—	—	—	—	—	4	1,5	2,5	80	24,0	8
13 ÷ 17	—	—	—	—	—	5	2	3	90	25,6	8
18 ÷ 22	—	—	—	—	—	6	2,5	3,5	100	28,6	9
24 ÷ 30	8	2,5	8	2,5	1	8	3	4	110	31,6	10
32 ÷ 38	10	3	10	3	1,5	10	3,5	4,5	120	33,2	10
40 ÷ 44	12	3,5	12	3,5	1,5	12	3,5	4,5	130	36,2	11
45 ÷ 50	14	4	14	4	1,5	14	4	5	140	39,2	12
52 ÷ 58	16	5	16	5	1,5	16	5	5	150	40,7	12
60 ÷ 68	18	5	18	5	2	18	5	6	160	43,7	13
70 ÷ 78	20	6	20	6	2	20	6	6	170	45,2	13
80 ÷ 92	24	7	24	7	2	24	7	7	180	48,2	14
95 ÷ 110	28	8	28	8	3	28	8	8	190	51,2	15
115 ÷ 130	32	9	32	9	3	32	9	9	200	52,7	15
135 ÷ 150	36	10	36	10	3	36	10	10	210	55,7	16
155 ÷ 170	—	—	40	11	3	40	11	11	220	58,7	17
175 ÷ 200	—	—	45	12	4	45	12	13	230	60,2	17
210 ÷ 230	—	—	50	14	4	50	14	14	240	63,2	18
240 ÷ 260	—	—	—	—	—	55	15	15	250	66,2	19
270 ÷ 290	—	—	—	—	—	60	16	16	260	67,7	19

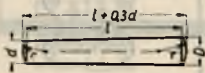
<sup>1)</sup>  $b_1 = \sqrt{h_1(d - h_1)}$ ; dla wałów, przenoszących znaczne siły w zmiennych kierunkach (np. w zespołach wałców zwrotnych), stosuje się kliny o wymiarach większych wg. tablicy specjalnej.

<sup>\*)</sup> Czerwiec 1929. <sup>\*\*)</sup> Maj 1934.

### Kółki

stożkowe wg. PN/G-470<sup>\*)</sup>

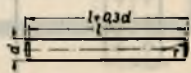
cylindryczne wg. PN/G-471<sup>\*)</sup>



$$r = d$$

$$D = d + \frac{l}{50}$$

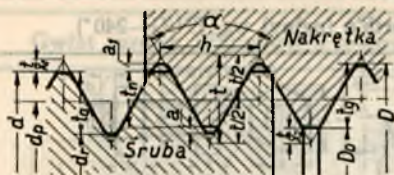
mm



d	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	35
l min	4	4	6	6	8	10	12	14	16	20	30	35	40	50	60	70
l max	14	22	28	32	40	50	60	80	100	120	150	180	230	260	260	260

Materiał: stal o wytrzymałości  $65 \pm 5 \text{ kg/mm}^2$  i około 16% wydłużenia.

<sup>\*)</sup> Kwiecień 1927.



### 3. Gwinty

#### Określenia

wg. PN\*)  
G-201

Gwint tworzy się przez ruch posuwisto-obrotowy profilu gwintu w ten sposób, że każdy punkt profilu opisuje linię śrubową.

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| d — Średnica gwintu śruby          | $\frac{t}{x_1}$ — Przytępienie gwintu śruby                         |
| $d_r$ — Średnica rdzenia śruby     | $\frac{t}{x_2}$ — Przytępienie gwintu nakrętki                      |
| D — Średnica gwintu nakrętki       | a — Luz rdzeniowy   |
| $D_o$ — Średnica otworu nakrętki   | $a_1$ — Luz wierzchołkowy   |
| $D_p$ — Średnica podziałowa gwintu | $\alpha$ — Rozwartość gwintu — kąt przecięcia się tworzących gwintu |
| t — Wyobraźalna głębokość gwintu   |   |
| $t_n$ — Nośna głębokość gwintu     |   |
| $t_g$ — Głębokość gwintu           |   |

h — Skok gwintu — odległość mierzona w kierunku osi między odpowiadającymi sobie punktami jednego zwoju.

Podziałka gwintu — odległość mierzona w kierunku osi między odpowiadającymi sobie punktami sąsiednich profili gwintu.

Uwaga: Dla gwintów 1-zwojowych skok równa się podziałce, dla gwintów wielozwojowych skok jest wielokrotnością podziałki gwintu.

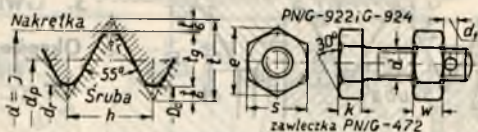
#### Skróty oznaczeń wg. PN\*) G-202

Rodzaj gwintu	Skrót	Miejsce dla skrótów	Wymiar	Przykł. oznacz. gwintów	Przykł. oznacz. dodatkowych	Dla gwintów wg. PN
Metryczny	M	Przed wymiarom	d w mm	M 30	Lewy M 12	G-205, 206
Metryczny drobny	M		d w mm × h w mm	M 80 × 3	Lewy M16 × 1,5	G-208 do G-212/13
Whitworth'a pełny	—	—	d w calach	1 1/4"	2-zwojny lewy 2	G-240
Whitworth'a przytępiony	P <sub>z</sub>	Za wymiarom	$d_{nom}$ gwin'tu w calach	3/4" P <sub>z</sub>	Lewy 1 1/2" P <sub>z</sub>	G-241
Whitworth'a rurowy	R	—	$D_{nom}$ rury w calach	R 3"	Lewy, R 3/8	G-301
Trapezowy	Tr	Przed wymiarom	d w mm × h w mm	Tr 48 × 8	2-zwojny Tr 48 × 16	G-215
Okragły	O		d w mm × h w calach	O40 × 1/8"	Lewy O40 × 1/8"	G-321

Uwaga: Dla oznaczenia gwintu prawego w częściach, które są wykonywane z gwintem prawym lub lewym (np ślimaki), należy umieszczać również skrót „prawy”.

\*) Grudzień 1927.

# Gwint Whitworth'a (pełny) wg. PN/G—240<sup>\*)</sup>

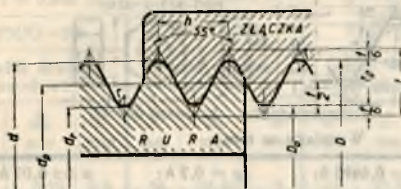


$$h = 25,40095 \cdot z; \quad t = 0,96049 \cdot h; \quad tg = 0,64033 \cdot h; \quad r = 0,13733 \cdot h$$

Średnica nominalna gwintu	Gwint (śruba i nakrętka)					Łeb i nakrętka				Zawleczka
	Średnica		Przekrój rdzenia	Skok gwintu	Ilość zwojów na 1''	Wysokość		Rozwartość		
	gwintu	rdzenia				łba	nakr.	klucza	po kra-wędz.	
	d	d <sub>r</sub>	q	h	z	k <sub>min</sub>	w <sub>min</sub>	s	e	
cale	mm	mm	cm <sup>2</sup>	mm	zw/1''	mm	mm	mm	mm	mm
<sup>3</sup> / <sub>16</sub>	4,763	3,408	0,09	1,06	24	4	4,5	9	10,4	1,5
<sup>1</sup> / <sub>4</sub>	6,350	4,724	0,17	1,27	20	4,5	5,5	11	12,7	2
<sup>5</sup> / <sub>16</sub>	7,938	6,131	0,29	1,41	18	5,5	6,5	14	16,2	3
<sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9,525	7,492	0,44	1,59	16	6,5	8	17	19,6	4
<sup>7</sup> / <sub>16</sub>	11,11	8,789	0,61	1,81	14	7,5	9	19	21,9	4
<sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12,70	9,990	0,78	2,12	12	9	11	22	25,4	5
<sup>5</sup> / <sub>8</sub>	15,88	12,92	1,31	2,31	11	11	13	27	31,2	5
<sup>3</sup> / <sub>4</sub>	19,05	15,80	1,96	2,54	10	13	16	32	36,9	6
<sup>7</sup> / <sub>8</sub>	22,23	18,61	2,72	2,82	9	15	18	36	41,6	6
1	25,40	21,34	3,57	3,18	8	17	20	41	47,3	6
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	28,58	23,93	4,50	3,63	7	19	22	46	53,1	8
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	31,75	27,10	5,77	3,63	7	21	25	50	57,7	8
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	34,93	29,51	6,84	4,23	6	24	28	55	63,5	8
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	38,10	32,68	8,39	4,23	6	26	30	60	69,3	8
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	41,28	34,77	9,49	5,08	5	28	32	65	75,0	10
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	44,45	37,95	11,31	5,08	5	30	35	70	80,8	10
<sup>1</sup> / <sub>1</sub> <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	47,63	40,40	12,82	5,65	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	32	38	75	86,5	10
2	50,80	43,57	14,91	5,65	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	34	40	80	92,4	10
<sup>2</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	57,15	49,02	18,87	6,35	4	37	45	85	98,0	10
<sup>2</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	63,50	55,37	24,08	6,35	4	40	50	95	110	13
<sup>2</sup> / <sub>3</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	69,85	60,56	28,80	7,26	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	44	55	105	121	13
3	76,20	66,91	35,16	7,26	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	48	60	110	127	13
<sup>3</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	82,55	72,54	41,33	7,82	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	52	65	120	139	13
<sup>3</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	88,90	78,89	48,88	7,82	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	56	70	130	150	13
<sup>3</sup> / <sub>1</sub> <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	95,25	84,41	55,96	8,47	3	60	75	135	156	13
4	101,6	90,76	64,70	8,47	3	64	80	145	167	—
<sup>4</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	108,0	96,64	73,35	8,84	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	68	85	155	179	—
<sup>4</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	114,3	103,0	83,31	8,84	2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	72	90	165	191	—
<sup>4</sup> / <sub>3</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	120,7	108,8	93,01	9,24	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	76	95	175	202	—
5	127,0	115,2	104,18	9,24	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	80	100	180	208	—
<sup>5</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	133,4	121,0	114,92	9,68	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	85	105	190	219	—
<sup>5</sup> / <sub>1</sub> <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	139,7	127,3	127,30	9,68	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	90	110	200	231	—
6	152,4	139,4	152,61	10,16	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100	120	220	254	—

<sup>\*)</sup> Grudzien 1927.

## Gwint rurowy Whitworth'a (pełny) wg. PN/G—301<sup>1)</sup>



$$h = \frac{25,40095}{z}$$

$$t = 0,96049 h$$

$$t_g = 0,64033 h$$

$$r = 0,13733 h$$

$$d = D$$

$$d_r = D_e$$

Średnica nominalna gwintu R		Rura i złączka				Średnica nominalna gwintu R	Rura i złączka			
		Średnica		Skok gwintu h	Ilość zwo- jów na 1'' z		Średnica		Skok gwintu h	Ilość zwo- jów na 1'' z
wewnętrz. rury D <sub>n</sub>	gwintu d	rdzenia d <sub>r</sub>	rdzenia			gwintu	gwintu d	rdzenia d <sub>r</sub>		
cale	mm	mm	mm	mm	zw/1''	cale	mm	mm	mm	zw/1''
R 1/8	6	9,729	8,567	0,907	28	(R 3 1/4)	93,98	91,03	2,309	11
R 1/4	8	13,16	11,45	1,337	19	R 3 1/2	100,3	97,38	2,309	11
R 3/8	10	16,66	14,95	1,337	19	(R 3 3/4)	106,7	103,7	2,309	11
R 1/2	13	20,96	18,63	1,814	14	R 4	113,0	110,1	2,309	11
(R 5/8)	(16)	22,91	20,59	1,814	14	(R 4 1/2)	125,7	122,8	2,309	11
R 3/4	20	26,44	24,12	1,814	14	R 5	138,4	135,5	2,309	11
(R 7/8)		30,20	27,88	1,814	14	(R 5 1/2)	151,1	148,2	2,309	11
R 1	25	33,25	30,29	2,309	11	R 6	163,8	160,9	2,309	11
(R 1 1/8)		37,90	34,94	2,309	11	R 7	189,2	186,0	2,540	10
R 1 1/4	32	41,91	38,95	2,309	11	R 8	214,6	211,4	2,540	10
(R 1 3/8)		44,33	41,37	2,309	11	R 9	240,0	236,8	2,540	10
R 1 1/2	40	47,81	44,85	2,309	11	R 10	265,4	262,2	2,540	10
(R 1 5/8)		51,99	49,03	2,309	11	R 11	290,8	286,8	3,175	8
(R 1 3/4)		53,75	50,79	2,309	11	R 12	316,2	312,2	3,175	8
R 2	50	59,62	56,66	2,309	11	R 13	347,5	343,4	3,175	8
(R 2 1/4)	(60)	65,71	62,76	2,309	11	R 14	372,9	368,8	3,175	8
(R 2 1/2)		75,19	72,23	2,309	11	R 15	398,3	394,2	3,175	8
(R 2 3/4)		81,54	78,58	2,309	11	R 16	423,7	419,6	3,175	8
R 3	80	87,89	84,93	2,309	11	R 18	474,5	470,4	3,175	8

Gwintów, podanych w nawiasach, należy unikać.

Gwinty R 1 1/8'' i R 1 3/8'' stosować tylko przy rurach miedzianych na wysokie ciśnienia oraz w przynależnych armaturach.

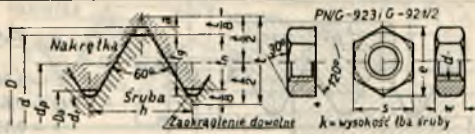
Rury stalowe gwintowane, złączki p. PN/B—1002 i B 1003.

Łączniki z żeliwa kowalnego z gwintem rurowym Whitworth'a podług PN/B—1322.

Gwint rurowy Whitworth'a przytępiony p. PN/G—302.

<sup>1)</sup> Październik 1931.

Gwint metryczny wg. PN<sup>\*)</sup>  
G-205/6



Wymiary w mm

$t = 0,866 h$ ;  $tn = 0,6495 h$ ;  $tg = 0,7 h$ ;  $a \approx 0,05 h$

Gwint (śruba)				Łeb i nakrętka				Gwint (nakrętka)	
Średnica		Przekrój rdzenia	Skok gwintu	Wysokość		Rozwartość		Średnica	
gwintu M	rdzenia d <sub>r</sub>			łba k <sub>min</sub>	nakr. W <sub>min</sub>	klucza s	po kra-wędz. e	gwintu D	otworu D <sub>o</sub>
d	d <sub>r</sub>	cm <sup>2</sup>	h	k <sub>min</sub>	W <sub>min</sub>	s	e	D	D <sub>o</sub>
M 1	0,65	0,0033	0,25	—	—	—	—	1,025	0,675
M 1,2	0,85	0,0057	0,25	—	—	—	—	1,225	0,875
M 1,4	0,98	0,0076	0,3	—	—	—	—	1,430	1,010
M 1,7	1,21	0,012	0,35	1,2	1,7	4	4,6	1,735	1,245
M 2	1,44	0,016	0,4	1,4	2	4,5	5,2	2,040	1,480
M 2,3	1,74	0,024	0,4	1,6	2,3	5	5,8	2,340	1,780
M 2,6	1,97	0,030	0,45	1,8	2,6	5,5	6,4	2,645	2,015
M 3	2,30	0,042	0,5	2	3	6	6,9	3,050	2 350
M 3,5	2,66	0,056	0,6	2,4	3,5	7	8,1	3,560	2,720
M 4	3,02	0,072	0,7	2,8	4	8	9,2	4,070	3,090
(M 4,5)	3,45	0,094	0,75	3,2	4,5	9	10,4	4,575	3,525
M 5	3,88	0,12	0,8	3,5	4,5	9	10,4	5,080	3,960
(M 5,5)	4,24	0,14	0,9	4	5	10	11,5	5,590	4,330
M 6	4,60	0,17	1	4,5	5,5	11	12,7	6,100	4,700
(M 7)	5,60	0,25	1	5	5,5	11	12,7	7,100	5,700
M 8	6,25	0,31	1,25	5,5	6,5	14	16,2	8,125	6,375
(M 9)	7,25	0,41	1,25	6	8	17	19,6	9,125	7,375
M 10	7,90	0,49	1,5	6,5	8	17	19,6	10,15	8,050
(M 11)	8,90	0,62	1,5	7,5	9	19	21,9	11,15	9,050
M 12	9,55	0,71	1,75	9	11	22	25,4	12,18	9,725
(M 14)	11,2	0,98	2	9	11	22	25,4	14,20	11,40
M 16	13,2	1,37	2	11	13	27	31,2	16,20	13,40
(M 18)	14,5	1,65	2,5	13	16	32	36,9	18,25	14,75
M 20	16,5	2,14	2,5	13	16	32	36,9	20,25	16,75
(M 22)	18,5	2,69	2,5	15	18	36	41,6	22,25	18,75
M 24	19,8	3,08	3	15	18	36	41,6	24,30	20,10
(M 27)	22,8	4,08	3	17	20	41	47,3	27,30	23,10
M 30	25,1	4,95	3,5	19	22	46	53,1	30,35	25,45
(M 33)	28,1	6,20	3,5	21	25	50	57,7	33,35	28,45
M 36	30,4	7,26	4	24	28	55	63,5	36,40	30,80
M 42	35,7	10,0	4,5	28	32	65	75,0	42,45	36,15
M 48	41,0	13,2	5	32	38	75	86,5	48,50	41,50
M 56	48,3	18,3	5,5	37	45	85	98,0	56,55	48,85
M 64	55,6	24,3	6	40	50	95	110,0	64,60	56,20
M 149	140,6	155,2	6	—	—	—	—	149,6	141,2

\*) Grudzień 1927.

## Gwint metryczny drobny

$t = 0,866 h;$			$tn = 0,6495 h;$			$tg = 0,7 h;$			$a \approx 0,05 h$		
PN/G—208			PN/G—209			PN/G—211			PN/G—212		
Gwint drobno-zwojowy 2			Gwint drobno-zwojowy 3 A			Gwint drobno-zwojowy 4			Gwint drobno-zwojowy 5		
d	d <sub>r</sub>	h	d	d <sub>r</sub>	h	d	d <sub>r</sub>	h	d	d <sub>r</sub>	h
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	0,72	0,2	56	51,80	3	24	21,90	1,5	12	10,60	1
1,2	0,92	0,2	(60)	55,80	3	(27)	24,90	1,5	(14)	12,60	1
1,4	1,12	0,2	64	59,80	3	30	27,90	1,5	16	14,60	1
1,7	1,42	0,2	(68)	63,80	3	(33)	30,90	1,5	(18)	16,60	1
2	1,65	0,25	72	67,80	3	36	33,90	1,5	20	18,60	1
2,3	1,95	0,25	(76)	71,80	3	(39)	36,90	1,5	(22)	20,60	1
2,6	2,11	0,35	80	75,80	3	42	39,90	1,5	24	22,60	1
3,0	2,51	0,35	(84)	79,80	3	(45)	42,90	1,5	(27)	25,60	1
3,5	3,01	0,35	89	84,80	3	48	45,90	1,5	30	28,60	1
4,0	3,30	0,5				(52)	49,90	1,5	(33)	31,60	1
(4,5)	3,80	0,5	149	144,80	3	56	53,90	1,5	36	34,60	1
5,0	4,30	0,5				(60)	57,90	1,5	(39)	37,60	1
(5,5)	4,80	0,5				64	61,90	1,5	42	40,60	1
6	4,95	0,75				(68)	65,90	1,5	(45)	43,60	1
(7)	5,95	0,75	36	33,20	2	72	69,90	1,5	48	46,60	1
8	6,95	0,75	(39)	36,20	2	(76)	73,90	1,5	(52)	50,60	1
(9)	7,60	1	42	39,20	2	80	77,90	1,5	56	54,60	1
10	8,60	1	(45)	42,20	2	(84)	81,90	1,5	(60)	58,60	1
(11)	9,60	1	48	45,20	2	89	86,90	1,5	64	62,60	1
12	9,90	1,5	(52)	49,20	2	(94)	91,90	1,5	(68)	66,60	1
24	21,20	2	56	53,20	2	99	96,90	1,5	72	70,60	1
36	31,80	3	(60)	57,20	2	(104)	101,90	1,5	(76)	74,60	1
56	50,40	4	64	61,20	2	109	106,90	1,5	80	78,60	1
149	143,40	4	149	146,20	2	149	146,90	1,5	149	147,60	1

Wymiarów w nawiasach należy unikać.

Przykłady oznaczeń gwintów drobnozwojowych 2, 3 A, 3 B, 4 i 5:

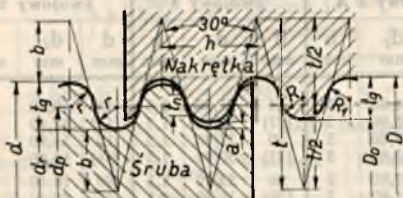
Np. M 6 × 0,75; M 80 × 3; M 60 × 2; M 45 × 1,5; M 72 × 1.

## Gwint metryczny — schemat ogólny wg. PN/G—213

Gwint metryczny M G—205 i G—206						Gwint drobno-zwojowy 2 G—208		Gwinty drobno-zwojowe	Dla średnic		Skoki
d	h	d	h	d	h	d	h		d	h	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		mm	mm	
1 <sup>+</sup> —1,2	0,2	4,5	0,75	18—22	2,5	1 <sup>+</sup> —1,7	0,2	3 A G—209	56—149	3	
1,4	0,3	5	0,8	24—27	3	2—2,3	0,25				
1,7	0,35	5,5	0,9	30—33	3,5	2,6—3,5	0,35				
						4—5,5	0,5	3 B G—210	36—149	2	
2—2,3	0,4	6—7	1	36—39	4	6—8	0,75				
2,6	0,45	8—9	1,25	42—45	4,5	9—11	1	4 G—211	24—149	1,5	
3	0,5	10—11	1,5	48—52	5	12—22	1,5				
3,5	0,6	12	1,75	56—60	5,5	24—33	2	5 G—212	12—149	1	
4	0,7	14—16	2	64—149	6	36—52	3				
						56—149	4				



## Gwint okrągły do celów straży pożarnych i do armatur



$$\begin{aligned} n &= \frac{25,40095}{z} \\ a &= 0,05 h \\ b &= 0,6830 h \\ r &= 0,2385 h \\ R &= 0,2560 h \\ R_1 &= 0,2210 h \end{aligned}$$

wg. norm niemieckich

$$t = 1,8660 h;$$

$$t_g = 0,5 h;$$

$$t_n = 0,0835 h$$

Średnica gwintu	Ilość zwojów	Skok gwintu	Głębokość gwintu	Głębokość nośna	Promień zaokrąglenia		
					śruby	nakrętki	
d	z	h	t <sub>g</sub>	t <sub>n</sub>	r	R	R <sub>1</sub>
mm	zw/1"	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18 do (38)	8	3,175	1,588	0,265	0,757	0,813	0,702
40 do 100	6	4,234	2,117	0,354	1,010	1,084	0,936
(105) do 150	4	6,350	3,175	0,530	1,515	1,625	1,404

Śruba			Nakrętka		Śruba		Nakrętka		
Średnica gwintu	Średnica rdzenia	Średnica podziałowa	Średnica gwintu	Średnica otworu	Średnica gwintu	Średnica rdzenia	Średnica podziałowa	Średnica gwintu	Średnica otworu
d	d <sub>r</sub>	d <sub>p</sub>	D	D <sub>o</sub>	d	d <sub>r</sub>	d <sub>p</sub>	D	D <sub>o</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18	14,825	16,412	18,318	15,143	60	55,766	57,883	60,423	56,189
20	16,825	18,412	20,318	17,143	65	60,766	62,883	65,423	61,189
22	18,825	20,412	22,318	19,143	70	65,766	67,883	70,423	66,189
24	20,825	22,412	24,318	21,143	75	70,766	72,883	75,423	71,189
26	22,825	24,412	26,318	23,143	80	75,766	77,883	80,423	76,189
28	24,825	26,412	28,318	25,143	85	80,766	82,883	85,423	81,189
30	26,825	28,412	30,318	27,143	90	85,766	87,883	90,423	86,189
32	28,825	30,412	32,318	29,143	95	90,766	92,883	95,423	91,189
36	32,825	34,412	36,318	33,143	100	95,766	97,883	100,42	96,189
40	35,766	37,883	40,423	36,189	110	103,65	106,83	110,64	104,29
44	39,766	41,883	44,423	40,189	120	113,65	116,83	120,64	114,29
48	43,766	45,883	48,423	44,189	130	123,65	126,83	130,64	124,29
52	47,766	49,883	52,423	48,189	140	133,65	136,83	140,64	134,29
55	50,766	52,883	55,423	51,189	150	143,65	146,83	150,64	144,29

## Gwint trapezowy metryczny wg. PN/G—215


$$t = 1,866 h; \quad c = 0,25 h$$

$$t_g = 0,5 h + a$$

$$t_n = 0,5 h + a - b$$

$$T_g = 0,5 h + 2 a - b$$

Wymiary w mm



Średnica gwintu	Śruba			Nakrętka		d	d <sub>r</sub>	cm <sup>2</sup>	h	D	D <sub>o</sub>
	Średn. rdzenia	Przekrój rdzenia	Skok	Średn. gwintu	Średn. otworu						
d	d <sub>r</sub>	cm <sup>2</sup>	h	D	D <sub>o</sub>						
10	6,5	0,33	3	10,5	7,5	(42)	34,5	9,35	7	42,5	36
12	8,5	0,57	3	12,5	9,5	44	36,5	10,46	7	44,5	38
14	9,5	0,71	4	14,5	10,5	(46)	37,5	11,04	8	46,5	39
16	11,5	1,04	4	16,5	12,5	(58)	39,5	12,25	8	48,5	41
18	13,5	1,43	4	18,5	14,5						
20	15,5	1,89	4	20,5	16,5	(62)	52,5	21,65	9	62,5	54
22	16,5	2,14	5	22,5	18	65	54,5	23,33	10	65,5	56
24	18,5	2,69	5	24,5	20	(68)	57,5	25,97	10	68,5	59
26	20,5	3,30	5	26,5	22	70	59,5	27,81	10	70,5	61
28	22,5	3,98	5	28,5	24	(72)	61,5	29,71	10	72,5	63
30	23,5	4,34	6	30,5	25	75	64,5	32,67	10	75,5	66
32	25,5	5,11	6	32,5	27	80	69,5	37,94	10	80,5	71
(34)	27,5	5,94	6	34,5	29	85	72,5	41,28	12	85,5	74
36	29,5	6,83	6	36,5	31	90	77,5	47,17	12	90,5	79
(38)	30,5	7,31	7	38,5	32	95	82,5	53,46	12	95,5	84
40	32,5	8,30	7	40,5	34	100	87,5	60,13	12	100,5	89

**Dopuszczalne obciążenie śrub**  $Q = \frac{\pi d_r^2}{4} \times k_r$  w kG

Z gwintem Whitworth'a					Z gwintem metrycznym				
Średn. gwintu	Przekrój rdzenia	Przy dopuszczaln. naprężeniu rozciągającym $k_r$ w kG/cm <sup>2</sup>			Średn. gwintu	Przekrój rdzenia	Przy dopuszczaln. naprężeniu rozciągającym $k_r$ w kG/cm <sup>2</sup>		
cale	cm <sup>2</sup>	500	600	800	mm	cm <sup>2</sup>	500	600	800
$\frac{3}{8}$	0,44	220	265	355	10	0,49	245	295	395
$\frac{1}{2}$	0,78	390	470	630	12	0,71	360	430	575
$\frac{5}{8}$	1,31	655	785	1050	16	1,37	690	825	1100
$\frac{3}{4}$	1,96	980	1175	1570	20	2,14	1075	1290	1715
1	3,57	1790	2145	2860	24	3,08	1550	1850	2470
$1\frac{1}{4}$	5,77	2890	3460	4620	30	4,95	2480	2980	3970
$1\frac{1}{2}$	8,39	4190	5030	6710	36	7,26	3640	4370	5820
$1\frac{3}{4}$	11,31	5660	6790	9050	45	11,74	5900	7070	9430
2	14,91	7460	8950	11930	52	15,94	7970	9560	12750
$2\frac{1}{2}$	24,08	10040	14490	19270	64	24,34	12170	14600	19470
3	35,16	17580	21100	28130	76	35,96	17980	21580	28770

# Otworki przejściowe do śrub wg. PN/G—919\*)

Wymiary w mm

Dla śrub o gwincie		Otworki				Dla śrub o gwincie		Otworki					
Whitworth'a	M	wiercone <sup>1)</sup>			lane	Whitworth'a	M	wiercone <sup>1)</sup>			lane		
		do-kladnie	średnio	zgruba	zgruba			do-kladnie	średnio	zgruba	zgruba		
—	—	2	2,2	2,4	—	—	—	20	21	23	—	25	
—	—	2,3	2,5	2,8	—	7/8"	22,2	(22)	23	25	26	27	
—	—	2,6	2,8	3,1	—	—	—	24	25	27	—	30	
—	—	3	3,2	3,6	—	1"	25,4	—	26	28	30	31	
—	—	3,5	3,7	4,2	—	—	—	(27)	28	30	—	33	
—	—	4	4,3	4,8	—	1 1/8"	28,6	—	30	32	34	35	
—	—	(4,5)	4,8	5,3	—	—	—	30	31	33	—	36	
3/16"	4,76	—	5,1	5,5	—	1 1/4"	31,7	—	33	35	37	38	
—	—	5	5,3	5,8	—	—	—	(33)	34	36	—	40	
—	—	6	6,4	7,0	—	1 3/8"	34,9	—	36	38	40	41	
1/4"	6,35	—	6,7	7,4	—	—	—	36	37	39	—	42	
—	—	(7)	7,4	8,0	—	1 1/2"	38,1	—	40	41	44	45	
5/16"	7,94	8	8,4	9,5	—	10,5	—	(39)	—	42	—	45	
—	—	(9)	9,5	10,5	—	11,5	15/8"	41,3	42	—	45	—	49
3/8"	9,5	—	10	11	—	12,5	1 3/4"	44,4	(45)	—	48	50	52
—	—	10	10,5	11,5	—	13	1 7/8"	47,6	48	—	52	—	56
7/16"	11,1	(11)	12	13	—	14	2"	50,8	—	—	55	58	60
—	—	12	13	14	—	15	2 1/4"	57,1	56	—	62	65	68
1/2"	12,7	—	13,5	15	16	16	2 1/2"	63,5	—	—	68	72	75
—	—	(14)	15	16	—	18	—	—	64	—	70	—	76
5/8"	15,9	16	17	18	19	20	2 3/4"	69,8	—	—	74	78	82
—	—	(18)	19	20	—	22	—	—	72	—	78	—	85
3/4"	19,0	—	20	22	23	24	3"	76,2	—	—	82	85	90

1) Podane wymiary należy uważać jako średnice narzędzi.



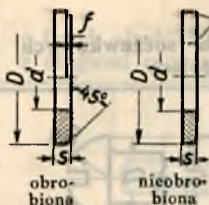
**Podkładki pierścinkowe płaskie do wkrętów o łbach cylindrycznych i kulistych wg. PN\*\*)**  
G—609

s = grubość podkładki

Wymiary w mm

Wkręt	M	d	D	s	Do wkrętów z gwintem		d	D	s	Do wkrętów z gwintem		d	D	s
					M	Whitw.				M	Whitw.			
2	2,2	4,5	0,3	5	—	5,3	10	0,8	12	—	13	22	2	
2,3	2,5	5	0,5	6	1/4"	6,5	13	1	—	1/2"	13,5	22	2	
2,6	2,8	5,5	0,5	8	5/16"	8,4	15	1,5	(14)	—	15	25	3	
3	3,2	6	0,5	—	—	10	18	2	16	5/8"	17	27	3	
3,5	3,7	7	0,5	10	—	10,5	18	2	(18)	—	19	30	3	
4	4,3	8	0,5	—	(7/16")	12	20	2	—	3/4"	20	33	3	

\*) Październik 1930. \*\*) Październik 1932.



Zaokrąglenie powstające przy tłoczeniu

## Podkładki

obrobione wg. PN/G-601\*)  
nieobrobione wg. PN/G-602\*)

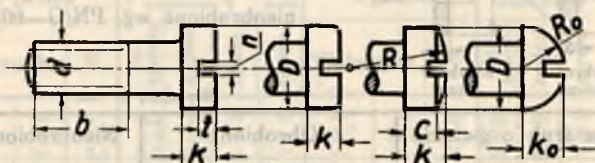
Wymiary w mm

Dla śrub o gwincie			Obrobione				Nieobrobione		
Whitworth'a	M		d	D	s	f	d	D	s
—	—	3	3,2	8	0,5	0,2	3,2	8	0,5
—	—	3,5	3,7	9	0,5	0,2	3,7	9	0,5
—	—	4	4,3	10	0,8	0,2	4,3	10	0,8
—	—	(4,5)	4,8	12	0,8	0,3	4,8	12	0,8
3/16"	4,76	—	5,1	12	0,8	0,3	5,1	12	0,8
—	—	5	5,3	12	1	0,3	5,5	12	1
—	—	(5,5)	5,8	13	1	0,4	—	—	—
—	—	6	6,4	14	1,5	0,4	7	14	1,5
1/4	6,35	—	6,7	14	1,5	0,4	7	14	1,5
—	—	(7)	7,4	14	1,5	0,4	—	—	—
5/16	7,94	8	8,4	18	2	0,5	9	18	2
—	—	(9)	9,5	22	2	0,5	—	—	—
3/8	9,53	—	10	22	2,5	0,5	11	22	2,5
—	—	(10)	10,5	22	2,5	0,5	11	22	2,5
(7/16)	11,1	(11)	12	24	3	0,5	12	24	3
—	—	12	13	28	3	0,5	14	28	3
1/2	12,7	—	13,5	28	3	0,5	14	28	3
—	—	(14)	15	28	3	0,5	16	28	3
5/8	15,9	16	17	34	3	0,5	18	34	3
—	—	(18)	19	40	4	1	20	40	4
3/4	19,1	—	20	40	4	1	21	40	4
—	—	20	21	40	4	1	22	40	4
7/8	22,2	(22)	23	45	4	1	24	45	4
—	—	24	25	45	4	1	26	45	4
1	25,4	—	26	52	5	1	27	52	5
—	—	(27)	28	52	5	1	29	52	5
1 1/8	28,6	—	30	58	5	1	31	58	5
—	—	30	31	58	5	1	32	58	5
1 1/4	31,8	—	33	62	5	1	34	62	5
—	—	(33)	34	62	5	1	35	62	5
1 3/8	34,9	—	36	68	6	1,5	37	68	6
—	—	36	37	68	6	1,5	38	68	6
1 1/2	38,1	—	40	75	6	1,5	42	75	6
—	—	(39)	41	75	6	1,5	42	75	6
1 5/8	41,3	42	45	80	7	1,5	45	80	7
1 3/4	44,4	(45)	48	85	7	1,5	48	85	7
(17/8)	47,6	48	51	92	8	1,5	51	92	8
2	50,8	—	55	98	8	1,5	55	98	8

\*) Październik 1930.

## Wkręty

o łbach cylindrycznych, cylindrycznych soczewkowych  
i kulistych oraz śruby dociągające

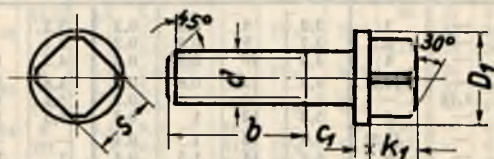


Rys. 1.  
(G-968/9/70)

Rys. 2.  
(G-971/2/3)

Rys. 3.  
(G-977/8/9)

Rys. 4.  
(G-974/5/6)



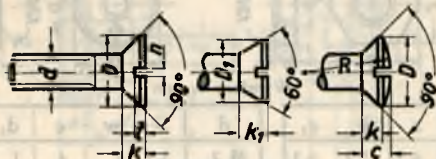
Rys. 5.  
(G-944/5)

Wymiary w mm

Gwint d		Rys. 1, 2, 3, 4, 5						Rys. 3		Rys. 4		Rys. 5			
M	Whitw.	b	D	k	n	t	c	R	k <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	c <sub>1</sub>	k <sub>1</sub>	s	
M 2	—	—	6	3,5	1,6	0,5	0,8	1,2	4	1,6	1,75	—	—	—	—
M 2,3	—	—	7	4	1,9	0,5	1	1,4	4,5	1,9	2	—	—	—	—
M 2,6	—	—	8	4,5	2,2	0,6	1,1	1,7	5	2,2	2,25	—	—	—	—
M 3	—	—	9	5	2,5	0,6	1,2	2	6	2,5	2,5	—	—	—	—
M 3,5	—	—	10	6	2,8	1	1,2	2,3	8	2,8	2,75	—	—	—	—
M 4	—	—	12	6,5	3,2	1	1,5	2,7	10	3,2	3,25	—	—	—	—
M 5	3/10"	4,8	14	8	4	1,2	1,8	3,5	15	4	4	9,5	2	6	6
M 6	7/16"	6,3	17	10	4,5	1,2	2	3,8	18	5	5	12	2	7	7
M 8	5/16"	7,9	20	13	5,5	1,5	2,5	4,6	20	6	6	13,5	2	8	8
—	3/8"	9,5	25	16	6	2	3	4,8	25	7	8	16,5	3	10	10
M 10	—	—	25	16	6,5	2	3	5,3	25	7	8	16,5	3	10	10
—	(7/16")	11,1	28	18	7	2	3,5	5,7	30	8	9	19,5	3	11	11
M 12	—	—	30	20	8	2,5	3,5	6	35	9	10	19,5	3	12	14
—	1/2"	12,7	30	20	8	2,5	4	6,5	35	9	10	22	4	13	14
(M 14)	—	—	30	22	8	2,5	4	6,5	35	10	11	22	4	14	14
M 16	5/8"	15,9	35	24	9	3	4	7,5	45	12	12	25	4	16	17
(M 18)	—	—	40	27	10	3,5	4,5	8	45	14	13,5	28	4	18	19
—	3/4"	19,0	40	30	11	3,5	5	9	55	14	15	28	5	19	19
M 20	—	—	40	30	11	3,5	5	9	55	14	15	31	5	20	22
(M 22)	7/8"	22,2	45	33	12	4	5,5	10	70	—	—	33	5	20	22
M 24	—	—	45	36	13	4	6	11	80	—	—	36	6	22	22
—	1	25,4	50	39	14	5	6,5	12	95	—	—	36	6	22	27

# Wkręty

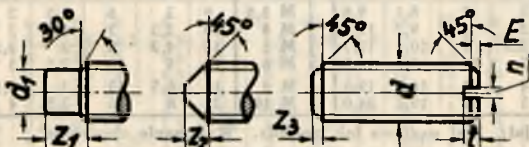
o łbach płaskich i soczewkowych oraz wkręty nastawcze z długościami czopami, z końcami stożkowymi i płaskimi



Rys. 1.  
(G-961/2/3)

Rys. 2.  
(G-965/6/7)

Rys. 3.  
(G-980/1/2)



Rys. 4.  
(G-953/4, G-957/8, G-955/6)

$b$  = długość gwintu

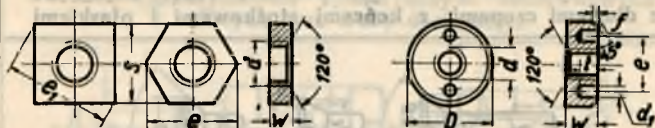
Wymiary w mm

$E = z_3$

Gwint $d$		Rys. 1, 2, 3, 4						Rys. 2	Rys. 3	Rys. 4					
M	Whitw.	$b$	$D$	$k$	$n$	$t$	$D_1$	$k_1$	$c \approx$	$R$	$d_1$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	
M 2	—	—	6	4	1,2	0,5	0,6	—	—	1,7	4	—	—	—	
M 2,3	—	—	7	4,5	1,3	0,5	0,7	—	—	1,9	4,5	—	—	—	
M 2,6	—	—	8	5	1,5	0,6	0,8	—	—	2,2	5	—	—	—	
M 3	—	—	9	6	1,7	0,6	0,9	—	—	2,5	6	—	—	—	
M 3,5	—	—	10	7	2	1	1,1	6,5	2,8	2,6	8	—	—	—	
M 4	—	—	12	8	2,2	1	1,1	7	2,8	3	10	—	—	—	
M 5	$\frac{3}{16}''$	4,8	14	10	2,7	1,2	1,5	9	3,5	3,5	16	—	—	—	
M 6	$\frac{1}{4}''$	6,3	17	12	3,2	1,2	1,7	11	4,5	4,2	18	4	3,5	2,2	1
M 8	$\frac{5}{16}''$	7,9	20	16	4,5	1,5	2,2	14	5,5	6	22	5,5	5	3	1,2
—	$\frac{3}{8}''$	9,5	25	18	4,8	2	2,5	16	6	6,3	27	7	5,5	3,5	1,5
M 10	—	—	25	20	5,5	2	2,8	18	7,5	7,3	30	7	5,5	3,8	1,5
—	( $\frac{7}{16}''$ )	11,1	28	22	6	2	3	20	8	8	30	8	7	4	1,5
M 12	—	—	30	24	6,5	2,5	3,5	22	9	8,5	35	9	7	4,5	2
—	$\frac{1}{2}''$	12,7	30	24	6,5	2,5	3,5	22	9	8,5	35	9	7	4,5	2
(M 14)	—	—	30	27	7	2,5	3,5	24	9,5	9	45	10	7	5	2
M 16	$\frac{5}{8}''$	15,9	35	30	7,5	3	4	27	10	10	45	12	9	6	2
(M 18)	—	—	40	33	8	3	4	30	11	11	50	13	9	6,5	2,5
—	$\frac{3}{4}''$	19,0	40	36	9	3,5	4,5	33	12	12	55	14	9	7	2,5
M 20	—	—	40	36	9	3,5	4,5	33	12	12	55	15	9	7	2,5
(M 22)	$\frac{7}{8}''$	22,2	—	—	—	—	—	36	13	—	—	—	—	8	3
M 24	—	—	—	—	—	—	—	39	14	—	—	—	—	8	3
—	1	25,4	—	—	—	—	—	42	15,5	—	—	—	—	8	3,5

## Nakrętki płaskie

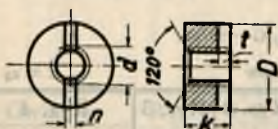
4 i 6-kątne wg. PN/G—990/1. Okrągłe z otworami na płaszczyźnie wg. PN/G—936



Wymiary w mm

d	w	s	e	e <sub>1</sub>	d	D	w	e	d <sub>1</sub>	f	f
M 2	1,2	4,5	5,2	6,3	M 2	5,5	2	4	1	na wv-	0,1
M 2,3	1,2	5	5,8	7,0	M 2,3	6	2	4,5	1		0,1
M 2,6	1,5	5,5	6,4	7,7	M 2,6	7	2,2	5	1,2	lot	0,1
M 3	1,5	6	6,9	8,4	M 3	8	2,5	5,5	1,5	1,5	0,2
M 3,5	2	7	8,1	9,8	M 3,5	9	3	6	1,5	2	0,2
M 4	2	8	9,2	11,3	M 4	10	3,5	7	1,5	2	0,2
M 5	2,5	9	10,4	12,7	M 5	12	4,2	8	2	2,5	0,3
M 6	3	11	12,7	15,5	M 6	14	5	10	2,5	3	0,4
M 8	4	14	16,2	19,8	M 8	18	6,5	13	3	3,5	0,5
M 10	5	17	19,6	24,0	M 10	22	8	15	3,5	4	0,5

Materiał: Stal węglowa lub miedź. Wykonanie obrobione.

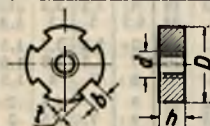


Nakrętka okrągła  
do śrubokrętu  
wg. PN/G—934

Wymiary w mm

d	D	k	t	n	d	D	k	t	n
M 3	7	4	1,2	0,6	M 8	16	7,5	2,5	1,5
M 3,5	8	5	1,2	1	M 10	21	8	3	2
M 4	9	5,5	1,5	1	M 12	24	8,5	3,5	2,5
M 5	11	6	1,8	1,2	M 16	28	10	4	3
M 6	12	7	2	1,2	M 20	31	12	5	3,5

Materiał: Stal węglowa lub miedź. Wykonanie obrobione.



Nakrętka okrągła z wcięciami  
wg. PN/G—929

Gwint drobnozwojowy 2 wg. PN/G—208

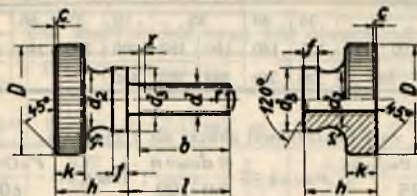
Wymiary w mm

d	D	h	b	t	d	D	h	b	t	d	D	h	b	t
5	14	4	3	1,5	20	36	8	6	2,5	56	85	13	10	4
6	16	5	4	2	24	42	9	6	2,5	64	95	14	10	4
8	20	5	4	2	30	50	10	7	3	72	110	14	10	4
10	25	6	5	2	36	56	11	7	3,5	80	115	14	10	4
12	28	6	5	2	42	62	12	8	3,5	89	130	16	10	4
16	32	7	5	2	48	75	13	8	3,5	99	145	16	12	5

## Śruby i nakrętki moletowane

wysokie

wg. PN/G—996

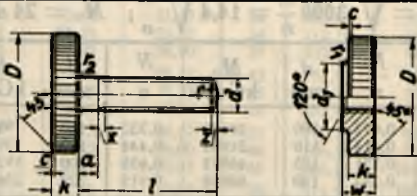


Wymiary w mm

d	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	8	10
D	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	36
d <sub>2</sub>	2	2,2	2,4	3,5	3,8	4,3	4,7	4,9	5,6	7	8,5	9,3	13,5	17
d <sub>3</sub>	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	10	12	16	20
b	4	5	5,5	6	6,5	7	8	9	11	12	15	18	22	28
h	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	12,5	16	20	25
k	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3	3,5	4	5	6	8	10
f	0,6	0,6	0,8	1	1,1	1,1	1,2	1,6	2	2	2,5	3	3,7	5
r	0,8	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8
r <sub>1</sub>	0,8	1	1	1,25	1,25	1,5	2	2	2	2,5	3	4	5	6
≈	krawędź ścięta													

**Materiał:** Mosiądz lub stal węglowa. **Wykonanie** czyste.

## Śruby i nakrętki moletowane — niskie wg. PN/G—997



Wymiary w mm

d	1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	8	10
D	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	36
d <sub>1</sub>	2,8	3	3,5	4	4,5	5	5	6	7	8	10	12	16	20
w	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3,5	4	5	6	8	10
k	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	5	6	8
a	0,8	0,8	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	3	4	5	6
r	0,8	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8
r <sub>1</sub>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1
r <sub>2</sub>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
≈	krawędź ścięta													

**Materiał:** Mosiądz lub stal węglowa. **Wykonanie** czyste.



## 4. Wały

Średnice normalne wałów pędnianych wg. PN/G—701

Średnica d	30		35	40	45		50	55	60	70	80	90
	100	110	125	140	160	180	200	220	240	260	280	
w mm	300		320	340	360	380	400					

\*) Maj 1928.

Obliczenie: wały (maszynowe) oblicza się z równania:

$$NMK = \frac{P_k G \cdot v_{m/sek}}{75}; \quad v_{m/sek} = \frac{\pi d_{cm} \cdot n}{60 \cdot 100}; \quad NMK = \frac{P_k G \cdot 2 r_{cm} \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75 \cdot 100};$$

$$M_o k_{Gcm} = P_k G \cdot r_{cm} = \frac{60 \cdot 75 \cdot 100}{2 \pi} \cdot \frac{N}{n} = 71620 \frac{N}{n};$$

Z porównania:

$$M_o k_{Gcm} = W_o k_o = \frac{\pi d^3}{16} k_o \approx 0,2 d^3 \cdot k_o = 71620 \frac{N}{n};$$

$$d_{cm} = \sqrt[3]{\frac{360000}{k_o} \cdot \frac{N}{n}};$$

dla stali zlewnej  $k_o = 600 \div 800 \text{ kG/cm}^2$  (II) dla staliwa  $k_o = 320 \div 560 \text{ kG/cm}^2$  (II)  
 „ „ „  $k_o = 300 \div 400 \text{ kG/cm}^2$  (III) dla żeliwa  $k_o = 160 \div 200 \text{ kG/cm}^2$  (II)

Dla wałów pędnianych przyjmuje się z powodu występującego w nich, wywołanego naciąganiem pasa, zginania  $k_o = 120 \text{ kG/cm}^2$ ; wtedy:

$$d_{cm} = \sqrt[3]{3000 \frac{N}{n}} = 14,4 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}; \quad M_o = 24 d^3;$$

d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$	d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$	d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$
60	5184	0,072	100	24000	0,333	160	98304	1,37
70	8332	0,114	110	31944	0,444	180	139968	1,94
80	12288	0,171	125	46872	0,655	200	192000	2,67
90	17496	0,243	140	65856	0,915	220	254000	3,55

Gdy  $\frac{N}{n} \leq 0,12$  (wały cienkie) stawia się nadto warunek, aby kąt skręcenia na 1 m wału nie przekraczał  $1/4^\circ$ ; wtedy:

$$d_{cm} = 12 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = 0,734 \sqrt[4]{M_o}; \quad M_o = 3,454 d^4;$$

d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$	d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$	d mm	$M_o$ kGcm	$\frac{N}{n}$
30	279	0,0039	45	1418	0,020	60	4476	0,063
35	516	0,0072	50	2156	0,030	70	8294	0,116
40	881	0,0123	55	3158	0,044	80	14145	0,198

## 5. Koła zębate

**Normalne moduły i podziałki oraz grubości i wysokości zębów**

Wymiary w mm

według norm niemieckich

Dla małych kół oraz kół obrabiarek

Moduł	Podziałka	Grubość zęba	Wysokość zęba	Moduł	Podziałka	Grubość zęba	Wysokość zęba
m	$t = m\pi$	$g = \frac{t}{2}$	$h = 2,17m$	m	$t = m\pi$	$g = \frac{t}{2}$	$h = 2,17m$
0,3	0,94	0,47	0,65	2	6,28	3,14	4,33
(0,35)	1,10	0,55	0,76	2,25	7,07	3,53	4,88
0,4	1,25	0,63	0,87	2,5	7,85	3,93	5,42
(0,45)	1,41	0,71	0,98	2,75	8,64	4,32	5,96
0,5	1,57	0,79	1,08	3	9,42	4,71	6,52
(0,55)	1,72	0,86	1,19	3,25	10,21	5,11	7,04
0,6	1,88	0,94	1,30	3,5	11,00	5,50	7,58
(0,65)	2,04	1,02	1,41	3,75	11,78	5,89	8,13
0,7	2,19	1,10	1,52	4	12,57	6,28	8,67
0,8	2,51	1,16	1,73	4,5	14,14	7,07	9,75
0,9	2,82	1,41	1,95	5	15,71	7,85	10,83
1	3,14	1,57	2,17	5,5	17,28	8,64	11,92
1,25	3,93	1,96	2,71	6	18,85	9,43	13,00
1,5	4,71	2,36	3,25	6,5	20,42	10,21	14,08
1,75	5,50	2,75	3,79	—	—	—	—

Dla kół pędni

Dla kół przenoszących duże siły przy małych obrotach

7	21,99	11,00	15,17	24	75,40	37,70	52,0
8	25,13	12,57	17,33	27	84,82	42,41	58,5
9	28,27	14,14	19,50	30	94,25	47,12	65,0
10	31,42	15,71	21,67	33	103,67	51,84	71,5
11	34,56	17,28	23,83	36	113,10	56,55	78,0
12	37,70	18,85	26,00	39	122,52	61,26	84,5
13	40,84	20,42	28,17	42	131,95	65,98	91,0
14	43,98	21,99	30,33	45	141,37	70,69	97,6
15	47,12	23,56	32,50	50	157,08	78,54	108,4
16	50,27	25,13	34,67	55	172,79	86,40	119,2
18	56,55	28,27	39,00	60	188,50	94,25	130,0
20	62,83	31,42	43,33	65	204,20	102,10	140,8
22	69,12	34,56	47,67	70	219,91	109,96	151,6
—	—	—	—	75	235,62	117,81	162,4

**Dopuszczalne wartości współczynnika c w kG/cm<sup>2</sup>**  
dla obrabianych kół zębatach czołowych i stożkowych

wg. Fr. Stolzenberg & Co w Berlinie

Materiał	Prędkość obwodowa v m/sek									
	0,25	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12-15
Żeliwo	28	27	26	24	22	20	17	14	12	10
Staliwo	56	54	52	46	42	38	34	28	24	20
Stal S. M. kuta	84	81	78	69	63	57	51	42	36	30
Stal niklowa	168	162	156	138	126	114	102	84	72	60
Bronz fosforowy	48	46	44	40	36	32	28	24	20	16
„Delta” metal	73	70	68	60	55	49	44	36	30	25

## Koła zębate czołowe

Koła zębate czołowe są to koła zębate o osiach równoległych. Średnice podziałowe  $D_1$ ,  $D_2$ , ilości obrotów na minutę  $n_1$ ,  $n_2$  oraz ilości zębów  $z_1$ ,  $z_2$  kół współpracujących ze sobą związane są wzorem:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}; \quad \pi \cdot D_t = z \cdot t; \quad D_t = z \cdot \frac{t}{\pi};$$

$$\frac{t}{\pi} = m \text{ moduł}; \quad t = m \cdot \pi \text{ podziałka}; \quad D_t = m \cdot z; \quad z = \frac{D_t}{m}$$



$m$	$\frac{t}{\pi}; \frac{D_t}{z}; \frac{D_z}{z+2}; \frac{D_z - D_t}{2};$
$z$	$\frac{D_t}{m}; \frac{D_t \cdot \pi}{t}; \frac{D_z - 2m}{m};$
$t$	$m \cdot \pi; \frac{D_t \cdot \pi}{z}; \frac{P}{b \cdot c}; a + g;$

Średnica zewnętrzna	$D_z$	$m(z+2); D_t + 2m; \frac{t}{\pi}(z+2);$		
Średnica podziałowa i odległość osi kół	$D_t$	$z \cdot m; E \frac{D_{t1} + D_{t2}}{2}$		
Wysokość zęba	wierzchołka	$h_1$	$m$	
	podstawy	$h_2$	$1,167m;$	
			$h$	$h_1 + h_2 = 2,167m;$
Grubość zęba (szerokość wrębu) i wieńca	$a = g$	$\frac{m \cdot \pi}{2}; \frac{t}{2};$	$w$	$\approx 0,5t;$
Szerokość zęba i naciśk na ząb w kG	$b$	$\frac{\psi \cdot t}{\psi = 2 \div 3};$	$P$	$c \cdot b \cdot t; (b, t \text{ w cm})$
Moc przenoszona w KM i prędkość obwodowa w m/sek	$N$	$\approx \frac{Pv}{75}$	$v$	$\frac{\pi \cdot D_t \cdot n}{60 \cdot 100}; (D_t \text{ cm})$

**Obliczenie zębów:** Zęby kół współpracujących ze sobą narażone są przede wszystkim na zużycie. W najgorszych wypadkach (duże siły, małe obroty) oblicza się je na zginanie wg. wzorów:

$$M_g = W \cdot k_g; \quad P \cdot h = \frac{b \cdot (0,5t)^2}{6} k_g; \quad h \approx 0,7t; \quad P \cdot 0,7t = \frac{0,25 b t^2}{6} k_g$$

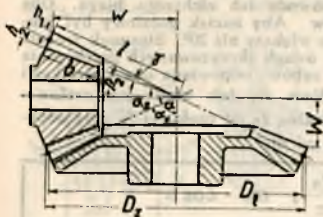
$$P \approx 0,06 b \cdot t \cdot k_g; \quad 0,06 \cdot k_g = c; \quad P = c \cdot b \cdot t;$$

$$M_o = P \cdot R_t = 71620 \frac{N}{n} \text{ kGcm}; \quad P = c \cdot b \cdot t = c \psi t^2; \quad R_t = \frac{z \cdot t}{2\pi};$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot \pi \cdot M_o}{c \cdot \psi \cdot z}} = 10 \sqrt[3]{\frac{450}{c \cdot \psi \cdot z} \cdot \frac{N}{n}}$$

## Koła zębate stożkowe

Koła stożkowe stosuje się, gdy osi kół krzyżują się, jednak leżą w jednej płaszczyźnie. Obliczenie kół stożkowych polega na znalezieniu podziałki średniej i wyznaczeniu z niej podziałki zewnętrznej, która jest podziałką normalną (modułową). Wypadkowa bowiem nacisku na ząb działa na środek zęba:



$$t_{sr} = \sqrt[3]{\frac{2\pi M_o}{c \psi z}}; \quad D_{t sr} = \frac{z_1 \cdot t_{sr}}{\pi}$$

$$D_t = D_{t sr} + \frac{2b}{2} \sin \alpha_1; \quad d_{t sr} = \frac{z_2 \cdot t_{sr}}{\pi}$$

### Koła stożkowe o osiach prostopadłych $\alpha = 90^\circ$

Określenie	Kolo większe		Kolo mniejsze	
Moduł	$m$	$\frac{t}{\pi}; \frac{D_t}{z_1}$	$m$	$\frac{t}{\pi}; \frac{d_t}{z_2}$
Ilość zębów	$z_1$	$\frac{D_t}{m}; \frac{D_t \cdot \pi}{t}$	$z_2$	$\frac{d_t}{m}; \frac{d_t \cdot \pi}{t}$
Podziałka	$t$	$m \cdot \pi; \frac{D_t \cdot \pi}{z_1}$	$t$	$m \cdot \pi; \frac{d_t \cdot \pi}{z_2}$
Średnica podziałowa	$D_t$	$z_1 \cdot m; \frac{t \cdot z_1}{\pi}$	$d_t$	$z_2 \cdot m; \frac{t \cdot z_2}{\pi}$
Średnica zewnętrzna	$D_z$	$D_t + 2m \cos \alpha_1$	$d_z$	$d_t + 2m \cos \alpha_2$
Kąt stożka	$\alpha_1$	$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{D_t}{d_t} = \frac{z_1}{z_2}$	$\alpha_2$	$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d_t}{D_t} = \frac{z_2}{z_1}$
Kąt tworzącej zęba	$\beta_1$	$\alpha_1 + \gamma_1$	$\beta_2$	$\alpha_2 + \gamma_2$
Kąt wierzchołka zęba	$\gamma_1$	$\operatorname{tg} \gamma_1 = \frac{2 \sin \alpha_1}{z_1}$	$\gamma_2$	$\operatorname{tg} \gamma_2 = \frac{2 \sin \alpha_2}{z_2}$
Wysok. zęba	wierzchołka	$h_1$	$m$	$\bar{h}$
	podstawy	$h_2$	$1,167 m$	
Długość stożka i zęba	$l$	$\frac{D_z}{2 \sin \beta_1} = \frac{d_z}{2 \sin \beta_2}$	$b$	$\psi \cdot t = (2 \div 3) t$
Wysokość stożka	$W$	$\frac{D_z}{2} \cdot \operatorname{ctg} \beta_1$	$w$	$\frac{d_z}{2} \cdot \operatorname{ctg} \beta_2$

Najmniejsza ilość zębów  $z_{min} = 20$  (a nawet 24) z powodu trudności montażowych. Koła stożkowe dają duży nacisk poposiowy; dlatego powinny być silnie umocowane na wale (odsadzenie 2–5 mm lub pierścień osadczy).

## Koła zębate śrubowe

W wypadku krzyżowania się osi, nie położonych w jednej płaszczyźnie, stosuje się koła zębate śrubowe. Poza to zastępuje się często przy dużych obrotach zwykle koła czołowe kołami śrubowymi z powodu ich cichszego biegu. Oba koła mają wtedy ten sam kąt pochylenia zębów. Aby nacisk poosiowy był jak najmniejszy, daje się kąt pochylenia zębów nie większy niż  $20^{\circ}$ . Stosunek średnic równa się przekładni. W kołach śrubowych o osiach skrzyżowanych przekładnia zależy ponadto od wielkości kątów pochylenia zębów; odpowiada ona stosunkowi ilości zębów  $\varphi = z_1 : z_2$ . Koła śrubowe oblicza się tak samo, jak czołowe. Należy w nich tylko odróżnić podziałkę normalną  $t_n$  od czołowej  $t_c$  oraz odpowiednio moduł  $m_n$  od  $m_c$ .



	$m_n$	$\frac{t_n}{\pi}; m_c \cdot \cos \alpha$	
	$m_c$	$\frac{t_c}{\pi}; \frac{m_n}{\cos \alpha}$	
	$z$	$\frac{D_t}{m_c}; \frac{D_t \cdot \pi}{t_c}; \frac{D_t \cdot \cos \alpha}{m_n}$	
	$t_n$	$t_c \cdot \cos \alpha; m_n \cdot \pi$	
	$t_c$	$\frac{t_n}{\cos \alpha}; \frac{m_n \cdot \pi}{\cos \alpha}; \frac{D_t \cdot \pi}{z}$	
Średnica podziałowa	$D_t$	$z \cdot m_c; \frac{z \cdot m_n}{\cos \alpha}; \frac{z \cdot t_n}{\pi \cdot \cos \alpha}$	
Średnica zewnętrzna	$D_2$	$D_t + 2 m_n$	
Skok linii śrubowej	$s$	$D_t \cdot \pi \cdot \operatorname{ctg} \alpha$	
Kąt linii śrubowej	koła pędzącego	$\alpha_1$	osi równoległe $\alpha_1 = \alpha_2 \leq 20^{\circ}$ osi skrzyżowane $\alpha_1 > \alpha_2$
	koła pędzonego	$\alpha_2$	
Kąt nachyl. osi kół	$\beta$	$\alpha_1 + \alpha_2; \alpha_1 > \alpha_2$	
Wysokość zęba	wierzchołka	$h_1$	$h$ $h_1 + h_2 = 2,166 m_n$
	podstawy	$h_2$	
Szerokość koła i długość zęba	$B$	$\psi \cdot t_n \approx 3 t_n$	$b$ $\frac{B}{\cos \alpha}$
Moc w KM i prędkość obwodowa w m/sek	$N$	$\approx \frac{P \cdot v}{75}$	$v$ $\frac{\pi D_t n}{6000}; (D_t \text{ cm})$
Nacisk na ząb w kG	$P$	$\approx \frac{75 N}{v}; c \cdot B \cdot t_n; (B \text{ oraz } t_n \text{ w cm})$	

## Ślimak i ślimacznica

Napęd ślimaczy stosuje się tam, gdzie zależy na bezpośrednim uzyskaniu dużej przekładni ( $\varphi = i : z > 1 : 10$ ). Ślimak i ślimacznica działają tu podobnie jak śruba i nakrętka. Im większy kąt pochylenia linii śrubowej, tem większa sprawność napędu  $\eta$ :

$$\eta = 0,4 \div 0,6 \text{ dla napędu ślimaczego 1-zwojn.}$$

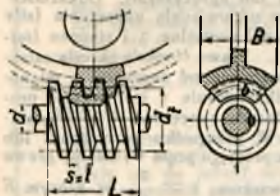
$$\eta = 0,6 \div 0,7 \text{ „ „ „ 2-zwojn.}$$

Najmniejsza ilość zębów  $z_{min} = 20$ . Żeby nie otrzymać zębów podciętych powiększa się przy  $z < 30$  średnicę ślimacznicy.

Ślimaki dzielą się na samohamowne i nie-samohamowne. Ślimak jest samohamowny, gdy

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \operatorname{tg} \rho = \mu$$

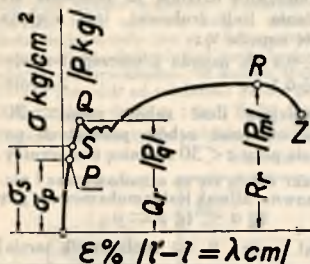
( $\rho =$  kąt tarcia,  $\mu =$  współczynnik tarcia)



Określenie	Ślimacznica	Ślimak		
Moduł oraz kąt linii śrubowej	$m$	$\frac{t}{\pi}$	$\alpha$	$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{d_t \cdot \pi}$
Podziałka oraz skok linii śrubowej	$t$	$m \cdot \pi, \frac{s}{i}$	$s$	$i \cdot t$
Ilość zębów i zwojów	$z$	$\frac{D_t}{m}$	$i$	$\frac{s}{t}$
Średnica podziałowa	$D_t$	$z \cdot m, \text{ gdy } z \geq 30$ $z \cdot m \cdot 0,937 + 2m, \text{ gdy } z < 30$	$d_t$	$\frac{s}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \pi}; \frac{v_1 \cdot 6000}{\pi \cdot n_1}$
Średnica zewnętrzna	$D_z$	$D_t + 2m$	$d_z$	$d_t + 2m \cos \alpha$
Szerokość zęba u podstawy	$b$	$\psi \cdot t = (1,5 \div 2)t;$ $D_z \cdot \sin \beta;$	$\operatorname{tg} \rho = \frac{x}{(r:t) + 0,6}; r = \frac{d_t}{2}$	
Wartości $x$ i średnica rdzenia ślimaka	$x$	$z =   28 \quad 35 \quad 45 \quad 55$ $x =   1,9 \quad 2,1 \quad 2,3 \quad 2,5$	$d_r$	$d_t - 2,33 m$
Szerokość śl-cy i długość śl-ka	$B$	$b + 0,25 t$	$L$	$(5 \div 6) \cdot t$
Ilość obrotów na minutę	$n$	$\frac{n_1 i}{z}$	$n_1$	$\frac{n \cdot z}{i}$
Prędkość obwodowa w m/sek	$v$	$\frac{n_1 \cdot s}{6000}; (s \text{ w cm})$	$v_1$	$\frac{\pi \cdot d_t \cdot n_1}{6000}; (d_t \text{ cm})$
Nacisk na ząb w kG i sprawność	$P$	$c \cdot b \cdot t; (b, t \text{ w cm})$	$\eta$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}; \operatorname{tg} \rho = \mu$ $\mu \approx 0,1$
Dopuszczalne wartości $c$ w kG/cm <sup>2</sup>	$c$	dla żeliwa: 18-28 na wytrzymałość 8-12 na zużycie	dla brązu: $v_1 =   1 \quad 2 \quad 3 \quad 5 \text{ m/sek}$ $c =   40 \quad 30 \quad 25 \quad 18 \text{ kG/cm}^2$	

# VII. Wytrzymałość materiałów

## 1. Prawo Hooke'a



Ciała, pozostające pod działaniem sił zewnętrznych, podlegają odkształceniom (trwałym lub sprężystym). Odkształceniom tym odpowiadają naprężenia (siły wewnętrzne) normalne  $\sigma$  i styczne (ściskające)  $\tau$ . Prawo Hooke'a określa zależność odkształceń od naprężeń, a mianowicie odkształcenie  $\varepsilon$  jest wprost proporcjonalne do naprężenia  $\sigma$  je wywołującego. W przypadku rozciągania lub ściskania prostego pręta wyrażamy prawo

Hooke'a wzorem:  $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ , w którym  $E$  oznacza pewną stałą dla danego materiału, zwaną współczynnikiem sprężystości podłużnej.

## 2. Odkształcenia i naprężenia normalne

Naprężenie ( $\text{kG/cm}^2$ ) siła wewnętrzna $P$ (w $\text{kG}$ ) przypadająca na jednostkę przekroju $F$ (w $\text{cm}^2$ ) pręta	$\sigma = \frac{P}{F} = \varepsilon E$
Wydłużenie jednostkowe ( $\%$ ) stosunek przyrostu długości pręta ( $l' - l = \lambda$ ) do długości pierwotnej $l$ pręta	$\varepsilon = \frac{\lambda}{l} = \frac{\sigma}{E}$
Przewężenie jednostkowe ( $\%$ ) stosunek przyrostu średnicy pręta ( $d - d' = \delta$ ) do średnicy pierwotnej $d$ pręta; (dla metali $m \approx 3,5$ )	$\varepsilon' = \frac{\delta}{d} = \frac{\varepsilon}{m}$
Współczynnik wydłużenia sprężystego ( $\text{cm}^2/\text{kG}$ ) wydłużenie jednostki długości pręta pod wpływem siły 1 $\text{kG}$	$\alpha = \frac{\varepsilon}{\sigma} = \frac{F \lambda}{P l}$
Współczynnik sprężystości podłużnej ( $\text{kG/cm}^2$ ) (moduł Younga) — iloraz przyrostu naprężenia i przyrostu wydłużenia jednostkowego	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{P l}{F \lambda}$
Granica proporcjonalności (punkt $P$ ) naprężenie, przy którym odkształcenie pręta podlega jeszcze prawu Hooke'a	$\sigma_p$
Granica sprężystości (punkt $S$ ) naprężenie po przekroczeniu którego pojawiają się odkształcenia trwałe	$\sigma_s$
Granica plastyczności (płynności) (punkt $Q$ ) naprężenie, przy którym następuje gwałtowny wzrost odkształcenia bez równoczesnego wzrostu naprężenia	$Q_r = \frac{P_q}{F}$
Wytrzymałość (doraźna) na rozciąganie (punkt $R$ ) stosunek największego obciążenia $P_m$ , uzyskanego podczas próby, do przekroju pierwotnego próbki $F$	$R_r = \frac{P_m}{F}$
Naprężenie dopuszczalne (bezpieczne) na rozciąganie naprężenie, przyjmowane w obliczeniach	$k_r = \frac{R_r}{u}$
Stopień bezpieczeństwa stosunek wytrzymałości doraźnej do naprężenia dopuszczalnego; (dla metali $u \approx 5 \text{--} 8$ )	$u = \frac{R_r}{k_r}$

### 3. Rodzaje naprężeń w pręcie

<p><b>Rozciąganie (lub ściskanie),</b></p> <p>gdy wszystkie siły zewnętrzne, działające na odciętą część pręta w dowolnie pomyślanym przekroju, sprowadzają się do jednej siły, działającej w osi pręta</p>	$\sigma_r = \frac{P}{F} \quad \tau_c = \frac{P}{F}$ $P = F k_r \quad P = F k_c$ $F = \frac{P}{k_r} \quad F = \frac{P}{k_c}$
<p><b>Scinanie,</b></p> <p>gdy wszystkie siły zewnętrzne odciętej (w myśli) części pręta sprowadzają się do jednej siły, działającej w płaszczyźnie przekroju</p>	$\tau_t = \frac{P}{F} \leq k_t$ $P = F k_t ; F = \frac{P}{k_t}$
<p><b>Zginanie,</b></p> <p>gdy wszystkie siły zewnętrzne odciętej części sprowadzają się do pary sił, działającej w płaszczyźnie, przechodzącej przez oś pręta, wywołując moment zginający <math>M_g</math>. Moment zginający — iloczyn z siły <math>P</math> i odległości <math>l</math> obliczanego przekroju od punktu zaczepienia siły</p>	$\sigma_g = \frac{M_g}{W} \leq k_g$ $M_g \text{ kGcm} = P k G \cdot l \text{ cm}$ $W = \frac{J_{cm^4}}{e_{cm}} = \text{cm}^3$ $M_g = W \cdot k_g ; W = \frac{M_g}{k_g}$
<p><b>Skrećanie,</b></p> <p>gdy wszystkie siły zewnętrzne sprowadzają się do pary sił, działającej w płaszczyźnie przekroju, wywołując moment skręcający <math>M_o</math>. Moment skręcający — iloczyn z siły <math>P</math> i ramienia <math>r</math> działania siły</p>	$\tau_o = \frac{M_o}{W_o} \leq k_o$ $M_o \text{ kGcm} = P k G \cdot r \text{ cm}$ $W_o = \frac{J_o \text{ cm}^4}{e_{cm}} = \text{cm}^3$ $M_o = W_o \cdot k_o ; W_o = \frac{M_o}{k_o}$

#### Wytrzymałość złożona pręta

**Rozciąganie (ściskanie) i zginanie:**

$$\sigma_i = \sigma_{r(c)} \pm \sigma_g = \pm \frac{P}{F} \pm \frac{M_g}{W} \leq k_{r(c)}$$

**Rozciąganie (ściskanie) i skręćanie:**

$$\sigma_i = \pm 0,35 \frac{P}{F} + 0,65 \sqrt{\left(\frac{P}{F}\right)^2 + 4 \left(\alpha_o \frac{M_o}{W_o}\right)^2} ; \alpha_o = \frac{k_r}{1,3 k_o}$$

**Zginanie i skręćanie:**

$$M_i = \left[ 0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \left(\alpha_o \frac{M_o}{M_g}\right)^2} \right] \cdot M_g = \xi \cdot M_g$$

$$\alpha_o = \frac{k_g}{1,3 k_o} \quad W = \frac{M_i}{k_g}$$



#### 4. Odkształcenia i naprężenia styczne

Naprężenie styczne (ścinające, tnące)	$\tau = \frac{P}{F}$
Przesunięcie odkształcenie pod wpływem naprężenia stycznego (tnącego)	$\gamma = \frac{\tau}{G}$
Spółczynnik przesunięcia sprężystego Przesunięcie przy naprężeniu 1 kG/cm <sup>2</sup>	$\beta = \frac{\gamma}{\tau} = \frac{1}{G}$
Spółczynnik sprężystości poprzecznej Odwrotność wartości $\beta$	$G = \frac{mE}{2(m+1)} = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{1}{\beta}$
Liczba Poisson'a $\frac{1}{m} = \frac{E}{2G} - 1$	$m \approx 3,5$ $\beta \approx 2,6\alpha$ $G \approx 0,385 E$

#### 5. Spółczynniki sprężystości i wytrzymałości

Materiał	Spółczynnik sprężystości		Granica proporcjonalności $\sigma_p$ cm <sup>2</sup> /kG	Granica płynności $Q_r$ cm <sup>2</sup> /kG	Wytrzymałość	
	po- dłużnej $E = \frac{1}{\alpha}$ kG/cm <sup>2</sup>	po- przecznej $G = \frac{1}{\beta}$ kG/cm <sup>2</sup>			na rozciąganie $R_r$ kG/cm <sup>2</sup>	na ściskanie $R_c$ kG/cm <sup>2</sup>
Żelazo zlewne	2 100 000	810 000	2000 do 2400	2500 do 3000	3500 do 5000	2500 do 3000
Stal zlewna	2 200 000	850 000	2500 do 5000	2800 i więcej	3000 do 7000	2800 dla twardości $R_c \geq R_r$
Staliwo	2 150 000	830 000	2000 i więcej	2800 i więcej	3500 do 6000	jak stal zlewna
Żeliwo	750 000 do 1 050 000	290 000 do 400 000	—	—	1300 do 1800	7000 do 8000
Miedź walcowana	1 300 000	465 000	—	—	2000 do 2700	—
Bronzy	1 100 000	370 000	300 i więcej	—	1500 do 4500	—
Mosiądze	900 000	320 000	650	—	2000 do 3000	—
Glin	750 000	275 000	440 do 480	300 do 1200	500 do 2500	600 do 1200
Ołów	150 000	57 000	—	50 do 300	150 do 250	—

## 6. Naprężenia dopuszczalne w $\text{kG/cm}^2$




wg. C. v. Bach'a




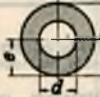

Rodzaj naprężenia i obciążenia		Żelazo zlewne		Stal zlewna		Staliwo		Żelwo	Bronz fosforowy	Drzewo dębowe
		od	do	od	do	od	do			
Rozciąganie $k_r$	I	900	1200	1200	1500	600	900	300	750	100
	II	600	800	800	1000	400	600	200	500	—
	III	300	400	400	500	200	300	100	250	—
Ściskanie $k_c$	I	900	1200	1200	1500	900	1200	900	750	80
	II	600	800	800	1000	600	900	600	500	—
Zginanie $k_g$	I	900	1200	1200	1500	750	1050	—	750	100
	II	600	800	800	1000	500	700	—	500	—
	III	300	400	400	500	250	350	—	250	—
Ścinanie $k_t$	I	720	960	960	1200	480	840	300	600	—
	II	480	640	640	800	320	560	200	350	—
	III	240	320	320	400	160	280	100	200	—
Skrećanie $k_o$	I	600	840	900	1200	480	840	—	300	—
	II	400	560	600	800	320	560	—	200	—
	III	200	280	300	400	160	280	—	100	—

Wartość I należy stosować przy obciążeniu stałym (w spoczynku).  
 „ II „ „ „ przy obciążeniu zmiennym, wzrastającym od zera (stanu pierwotnego) do pewnej największej wartości i odwrotnie.  
 „ III „ „ „ przy obciążeniu przemiennym, wzrastającym od pewnej największej wartości dodatniej do największej ujemnej i odwrotnie (np. dwukierunkowe zginanie lub dwukierunkowe skrećanie).




## 7. Powierzchnie, odległości skrajnych włókien

od środka ciężkości, momenty bezwładności  $J$ , momenty wytrzymałości  $W$ , momenty skrećające  $M_o$  i kąt skrećania  $\vartheta$  najczęstszych form przekroju

Przekrój	$e$	$J$	$W = \frac{J}{e}$	$M_o = W_o \cdot k_o$
	$\frac{h}{2}$	$\frac{b \cdot h^3}{12}$	$\frac{b \cdot h^2}{6}$	$\frac{2}{9} \cdot b^2 \cdot h \cdot k_o$
	$\frac{a}{2}$	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^3}{6}$	$\frac{2}{9} a^3 \cdot k_o$
	$\frac{a}{2} \sqrt{2}$	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{\sqrt{2}}{12} \cdot a^3$	

Przekrój	$e$	$J$	$W = \frac{J}{e}$	$M_o = W_o \cdot k_o$
	$\frac{r}{2} \sqrt{3}$	$\frac{5\sqrt{3}}{16} \cdot r^4$	$\frac{5}{8} \cdot r^3$	$\frac{r^3}{1,09} \cdot k_o$
	$r$	$= 0,541 r^4$	$\frac{5\sqrt{3}}{16} \cdot r^3$	$= 0,92 k_o$
	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi}{64} \cdot d^4$ $\approx 0,05 d^4$	$\frac{\pi}{32} \cdot d^3$ $\approx 0,1 d^3$	$\frac{\pi d^3}{16} \cdot k_o$ $\approx 0,2 d^3 k_o$
	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$	$\frac{\pi}{16} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \cdot k_o$
	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64} D^3 \cdot d$ $\approx 0,05 D^3 d$	$\frac{\pi}{32} \cdot D^2 d$ $\approx 0,1 D^2 d$	$\frac{\pi}{16} \cdot D^2 d \cdot k_o$ $\approx 0,2 D^2 d k_o$

$$\text{Kąt skręcania } \vartheta = \zeta \frac{J_x + J_y}{4 J_x \cdot J_y} \cdot \frac{M_o}{G} = \zeta \frac{J_o}{4 J_x \cdot J_y} \cdot \frac{M_o}{G}$$



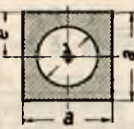
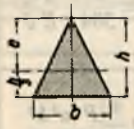
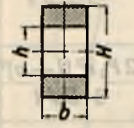
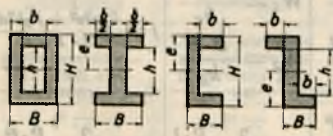

dla przekroju			
$\vartheta =$	$\frac{M_o}{G \cdot J_o} = \frac{32}{\pi d^4} \cdot \frac{M_o}{G}$	$\frac{32}{\pi (D^4 - d^4)} \cdot \frac{M_o}{G}$	$7,2 \frac{1}{a^4} \cdot \frac{M_o}{G}$

$\zeta = 1$  dla przekroju kołowego pierścieniowego i eliptycznego;

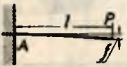
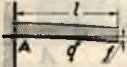
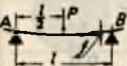
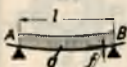
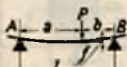
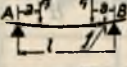
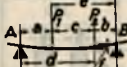
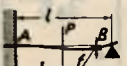

$\zeta = 1,2$  dla przekroju kwadratowego, prostokątnego i sześciokątnego.

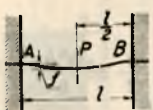

$\vartheta \cdot l = \varphi$  (kąt skręcania) w radianach na długości  $l$ .

$\vartheta \cdot 100 \cdot \frac{360}{2\pi} = \varphi$  w stopniach na długości 1 m.

Przekrój	$F$	$e$	$J$	$W \cdot \frac{J}{e}$
	$A^2 - a^2$	$\frac{A}{2}$	$\frac{A^4 - a^4}{12}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{A^4 - a^4}{A}$
	$A^2 - a^2$	$\frac{A}{2} \sqrt{2}$	$\frac{A^4 - a^4}{12}$	$\frac{\sqrt{2}}{12} \cdot \frac{A^4 - a^4}{A}$
	$a^2 - \frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{a}{2}$	$\frac{1}{12} (a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4)$	$\frac{1}{6a} (a^4 - \frac{3\pi}{16} d^4)$
	$\frac{b \cdot h}{2}$	$\frac{2}{3} \cdot h$	$\frac{b \cdot h^3}{36}$	$\frac{b \cdot h^2}{24}$
	$b(H - h)$	$\frac{H}{2}$	$\frac{b}{12} \cdot (H^3 - h^3)$	$\frac{b}{6} \cdot \frac{H^3 - h^3}{H}$
		$F = H \cdot B - h \cdot b;$ $e = \frac{H}{2}; \quad J = \frac{BH^3 - bh^3}{12};$ $W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}$		
		$F = HB + hb;$ $e = \frac{H}{2}; \quad J = \frac{BH^3 + bh^3}{12};$ $W = \frac{BH^3 + bh^3}{6H}$		


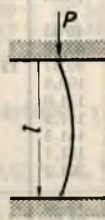
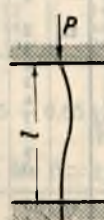
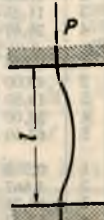
## 8. Najczęstsze wypadki obciążeń zginających

Rodzaj obciążenia	Oddziaływania podpór $A$ i $B$ oraz najw. moment gnący $M_g$	Moment wytrzymałości $W$	Strzałka ugięcia $f$
	$A = P$ $M_g = P \cdot l$	$W = \frac{P \cdot l}{k_g}$	$f = \frac{1}{3} \cdot \frac{P l^3}{E J}$
	$A = q l$ $M_g = \frac{q l^2}{2}$	$W = \frac{q l^2}{2 k_g}$	$f = \frac{1}{8} \cdot \frac{q l^4}{E J}$
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_g = \frac{P \cdot l}{4}$	$W = \frac{P \cdot l}{4 k_g}$	$f = \frac{1}{48} \cdot \frac{P l^3}{E J}$
	$A = B = \frac{q l}{2}$ $M_g = \frac{q l^2}{8}$	$W = \frac{q l^2}{8 k_g}$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{E J}$
	$A = \frac{P \cdot b}{l}; B = \frac{P \cdot a}{l}$ $M_g = \frac{P \cdot a \cdot b}{l}$	$W = \frac{P \cdot a \cdot b}{l \cdot k_g}$	$f = \frac{P \cdot a^2 b^2}{3 \cdot E J l}$
	$A = B = P_1; P = 2P_1$ $M_g = P_1 \cdot a$	$W = \frac{P_1 \cdot a}{k_g}$	$f = \frac{2 P_1 a^2 (l - a)^2}{3 \cdot E J l}$
	$A = \frac{P_1 \cdot e + P_2 \cdot b}{l}$ $B = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot d}{l}$	$W_1 = \frac{A \cdot a}{k_g}$ $W_2 = \frac{B \cdot b}{k_g}$	$f = \frac{P_1 a^2 e^2 + P_2 b^2 d^2}{3 \cdot E J l}$
	$A = \frac{5}{16} P; B = \frac{11}{16} P$ $M_g = \frac{3}{16} P \cdot l$	$W = \frac{3}{16} \cdot \frac{P \cdot l}{k_g}$	$f = \frac{7}{768} \cdot \frac{P \cdot l^3}{E J}$
	$A = \frac{3}{8} q l; B = \frac{5}{8} q l$ $M_g = \frac{q l^2}{8}$	$W = \frac{q l^2}{8 k_g}$	$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{q l^4}{E J}$

Rodzaj obciążenia	$M_g$	$W$	$f$
	$A = B = \frac{P}{2}$ $M_g = \frac{P \cdot l}{8}$	$W = \frac{P \cdot l}{8 k_g}$	$f = \frac{1}{192} \cdot \frac{P \cdot l^3}{EJ}$
	$A = B = \frac{q l}{2}$ $M_g = \frac{q l^2}{12}$	$W = \frac{q l^2}{12 k_g}$	$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q l^4}{EJ}$

## 9. Wzory Eulera na wyboczenie

Długość i stosunkowo cienkie pręty (słupy, drągi korbowe i tłokowe) oblicza się na wyboczenie wg. wzoru Euler'a  $P = \frac{P_{kr}}{u} = k \cdot \frac{E \cdot J}{u \cdot l^2}$ , gdzie  $k$  jest pewnym współczynnikiem proporcjonalności, zależnym od sposobu zamocowania pręta,  $u$  — stopniem bezpieczeństwa, zależnym od materiału pręta, zaś  $P_{kr}$  — obciążeniem krytycznym, wywołującym wyboczenie, a  $P$  — obciążeniem dopuszczalnym.

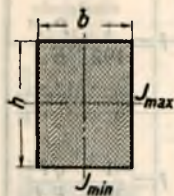
Wypadki wyboczenia			
I	II	III	IV
			
Jeden koniec pręta zamocowany, drugi swobodny	Oba końce pręta prowadzone po pierwotnej jego osi	Jeden koniec zamocowany, drugi prowadzony po pierwotnej osi	Oba końce pręta zamocowane i prowadzone po pierwotnej osi
$P = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{EJ}{u l^2}$	$P = \pi^2 \cdot \frac{EJ}{u l^2}$	$P = 2 \pi^2 \cdot \frac{EJ}{u l^2}$	$P = 4 \pi^2 \cdot \frac{EJ}{u l^2}$

$u = 5$  dla stali                       $J = F \cdot i^2$                        $l : i = w$  (wysmukłość)  
 $u = 8$  „ żeliwa                       $i = \sqrt{J : F}$                        $w \geq 90$  dla stali zlewnej  
 $u \approx 10$  „ drzewa                       $i =$  ramię bezwładn.                       $w \geq 100$  dla drzewa

**Uwaga:** Wartości na wysmukłość wskazują granicę stosowalności wzorów Euler'a na wyboczenie.

## 10. Wartości liczbowe

momentów bezwładności oraz momentów wytrzymałości  
dla przekroju prostokątnego



$$J_{min} = \frac{b^3 h}{12}; \quad W_{min} = J_{min} : \frac{b}{2} = \frac{b^2 h}{6}$$

$$J_{max} = \frac{b h^3}{12}; \quad W_{max} = J_{max} : \frac{h}{2} = \frac{b h^2}{6}$$

h	b	J <sub>min</sub>	W <sub>max</sub>	h	b	J <sub>min</sub>	W <sub>max</sub>	h	b	J <sub>min</sub>	W <sub>max</sub>	
												cm
2	1	0,167	0,667	7	7	257,3	94,50	14	12	1872	338,0	
3	1	0,250	1,500		8	384,0	108,0		3	31,50	98,00	
3	2	2,000	3,000	10	2	6,667	33,33		4	74,67	130,7	
	4	1	0,333		2,667	3	22,50		50,00	5	145,8	163,3
		2	2,667		5,333	4	53,33		66,67	6	252,0	196,0
4	3	9,000	8,000	11	5	104,2	83,33		7	400,2	228,7	
	5	1	0,417		4,167	6	180,0		100,0	8	597,3	261,3
		2	3,333		8,333	7	285,8		116,7	9	850,5	294,0
5	3	11,25	12,50	11	8	426,7	133,3		10	1167	326,7	
	4	26,67	16,67		9	607,5	150,0		11	1553	359,3	
	6	1	0,500		6,000	12	2		7,333	40,33	12	2016
2		4,000	12,00	3	24,75		60,50		13	2563	424,7	
6	3	13,50	18,00	12	4	58,67	80,67	15	3	33,75	112,5	
	4	32,00	24,00		5	114,6	100,8		4	80,00	150,0	
	5	62,50	30,00		6	198,0	121,0		5	156,3	187,5	
7	1	0,583	8,167	12	7	314,4	141,2		6	270,0	225,0	
	2	4,667	16,33		8	469,3	161,3		7	428,8	262,5	
	3	15,75	24,50		9	668,3	181,5		8	640,0	300,0	
7	4	37,33	32,67	13	10	916,7	201,7		9	911,3	337,5	
	5	72,92	40,83		13	3	27,00		72,00	10	1250	375,0
	6	126,0	49,00			4	64,00		96,00	11	1664	412,5
8	1	0,667	10,67	13		5	125,0		120,0	12	2160	450,0
	2	5,333	21,33		6	216,0	144,0		13	2746	487,5	
	3	18,00	32,00		7	343,0	168,0		14	3430	525,0	
8	4	42,67	42,67	13	8	512,0	192,0	16	3	36,00	128,0	
	5	83,33	53,33		9	729,0	216,0		4	85,33	170,7	
	6	144,0	64,00		10	1000	240,0		5	166,7	213,3	
9	7	228,7	74,67	13	11	1331	264,0		6	288,0	256,0	
	1	0,750	13,50		13	3	29,25		84,50	7	457,3	298,7
		2	6,000			27,00	4		69,33	112,7	8	682,7
3	20,25	40,50	5	135,4		140,8	9		972,0	384,0		
9	4	48,00	54,00	13	6	234,0	169,0		10	1333	426,7	
	5	93,75	67,50		7	371,6	197,2		11	1775	469,3	
	6	162,0	81,00		8	554,7	225,3		12	2304	512,0	
9	1	0,750	13,50	13	9	789,8	253,5		13	2929	554,7	
					10	1083	281,7		14	3659	597,3	
					11	1442	309,8	15	4500	640,0		

## 11. Wartości liczbowe

momentów bezwładności oraz momentów wytrzymałości  
dla przekroju kwadratowego i kołowego



$$W_x = \frac{a^3}{6}$$

$$W_z = \frac{\sqrt{2}}{12} \cdot a^3$$



$$J = \frac{\pi}{64} d^4$$

$$J_o = \frac{\pi}{32} d^4$$

a cm	J cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> cm <sup>3</sup>
1	0,0833	0,1667	0,1179
2	1,3333	1,3333	0,9428
3	6,7500	4,5000	3,1820
4	21,333	10,667	7,5425
5	52,083	20,833	14,731
6	108,00	36,000	25,456
7	200,08	57,167	40,423
8	341,33	85,333	60,340
9	546,75	121,50	85,913
10	833,33	166,67	117,85
11	1220,1	221,83	156,86
12	1728,0	288,00	203,64
13	2380,1	366,17	258,92
14	3201,3	457,33	323,38
15	4218,8	562,50	397,74
16	5461,3	682,67	482,71
17	6960,1	818,83	579,00
18	8748,0	972,00	687,30
19	10860	1143,2	808,33
20	13333	1333,3	942,81

d cm	J cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	J <sub>o</sub> cm <sup>4</sup>
1	0,0491	0,0982	0,0982
1,25	0,121	0,193	0,242
1,5	0,248	0,331	0,496
2	0,785	0,785	1,570
2,5	1,917	1,534	3,834
3	3,976	2,651	7,952
3,5	7,366	4,209	14,73
4	12,57	6,283	25,14
4,5	20,13	8,946	40,26
5	30,68	12,27	61,36
6	63,62	21,21	127,2
7	117,9	33,67	235,8
8	201,1	50,27	402,2
9	322,1	71,57	644,2
10	490,9	98,17	981,8
11	718,7	130,7	1437
12	1018	169,6	2036
13	1402	215,7	2804
14	1886	269,4	3772
15	2485	331,3	4970

## 12. Tabela wartości $\xi = 0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \left(\frac{\alpha_o M_o}{M_g}\right)^2}$ ;

$$M_i = 0,35 M_g + 0,65 \sqrt{M_g^2 + (\alpha_o M_o)^2} = \xi \cdot M_g; \quad W = M_i : k_g$$

$\frac{\alpha_o M_o}{M_g}$	$\xi$	$\frac{\alpha_o M_o}{M_g}$	$\xi$	$\frac{\alpha_o M_o}{M_g}$	$\xi$	$\frac{\alpha_o M_o}{M_g}$	$\xi$	$\frac{\alpha_o M_o}{M_g}$	$\xi$
0,02	1,00013	0,32	1,0325	0,8	1,1824	1,55	1,5490	2,3	1,9802
0,04	1,00052	0,34	1,0365	0,85	1,2031	1,6	1,5764	2,35	2,0101
0,06	1,00118	0,36	1,0409	0,9	1,2245	1,65	1,6041	2,4	2,0400
0,08	1,00208	0,38	1,0454	0,95	1,2466	1,7	1,6320	2,45	2,0701
0,1	1,00324	0,4	1,0501	1,0	1,2692	1,75	1,6601	2,5	2,1002
0,12	1,00464	0,42	1,0550	1,05	1,2925	1,8	1,6884	2,55	2,1304
0,14	1,00632	0,44	1,0601	1,1	1,3163	1,85	1,7169	2,6	2,1607
0,16	1,00828	0,46	1,0654	1,15	1,3406	1,9	1,7456	2,65	2,1911
0,18	1,01045	0,48	1,0710	1,2	1,3653	1,95	1,7745	2,7	2,2215
0,2	1,01287	0,5	1,0767	1,25	1,3905	2,0	1,8035	2,75	2,2520
0,22	1,01553	0,55	1,0918	1,3	1,4161	2,05	1,8326	2,8	2,2826
0,24	1,01846	0,6	1,1080	1,35	1,4420	2,1	1,8619	2,85	2,3132
0,26	1,02161	0,65	1,1253	1,4	1,4683	2,15	1,8913	2,9	2,3439
0,28	1,02500	0,7	1,1434	1,45	1,4949	2,2	1,9204	2,95	2,3747
0,3	1,02862	0,75	1,1625	1,5	1,5218	2,25	1,9504	3,0	2,4055



13. Wzorcowa stal węglowa do ustrojów maszynowych i budowlanych wg. PN/H-210\*

Rodzaj (gatunek) stali	Znak <sup>1)</sup> stali	Skład chemiczny		Właściwości mechaniczne			Uwagi
		Za- wartość węgla C %	Najw. dopuszcz. zawart. innych składników w %	R <sub>r</sub> kG/mm <sup>2</sup>	Q <sub>r</sub> <sup>2)</sup> minimum kG/mm <sup>2</sup>	A <sub>10</sub> <sup>3)</sup> minimum w %	
A. Zwykła stal węglowa kuta lub walcowana	A 35	0,12	$P \leq 0,06$ $S \leq 0,06$ $P + S \leq 0,1$	35 ÷ 45	20	24	Do owęglania i spawania  Do owęglania, trudniej spawalna  Mniej przydatna do owęglania, trudno spawalna  Rodzaj pośredni  Hartuje się  Silnie hartująca się
	A 40	0,18		40 ÷ 50	22	21	
	A 45	0,25		45 ÷ 55	25	18	
	A 55	0,35		55 ÷ 65	30	16	
	A 65	0,45		65 ÷ 75	35	12	
B. Stal węglowa do owęglania	B 38	0,06 ÷ 0,13	Mn ≤ 0,5	≈ 38	21	25	Wymagana próba na rozciąganie
	B 42	0,13 ÷ 0,20	Mn ≤ 0,4 Si ≤ 0,35	≈ 42	23	23	
C. Stal węglowa do wzmacniania	C 45	0,20	$Mn \leq 0,7$ $Si \leq 0,35$ $P + S \leq 0,07$ (Cu ≤ 0,15) (As ≤ 0,05)	45 ÷ 55	30	21	Wymagana próba na rozciąganie w stanie wzmocnionym i roz- biór chemiczny co do składników za- strzeżonych
	C 55	0,32		55 ÷ 65	35	18	
	C 65	0,45		65 ÷ 75	40	15	
	C 75	0,55		75 ÷ 85	20	12	

D. Stal węglowa na blachy kotłowe	D 35 (K)	0,06 ÷ 0,12	P ≤ 0,05 S ≤ 0,05	35 ÷ 42	26	Długość wzorca o przekroju niekołowym dla A <sub>10</sub> L = 11,3 √F	
	D 40 (D)	0,12 ÷ 0,19			0,55 R <sub>r</sub>		22
	D 40 (B)	0,12 ÷ 0,25			40 ÷ 52		20
E. Stal węglowa na nity	E 34	0,06 ÷ 0,16	P ≤ 0,055 S ≤ 0,055 P + S ≤ 0,1	34 ÷ 42	25	Średn. ≥ 8 mm	
	F 35	0,10 ÷ 0,15			900		22
F. Stal węglowa na śruby	F 35	0,10 ÷ 0,15	P ≤ 0,05 S ≤ 0,05	35 ÷ 42	28	Średn. 5 ÷ 7 mm	
	F 38	0,10 ÷ 0,22			38 ÷ 50		26
G. Stal węglowa na zespórki kotłowe	G 34	0,06 ÷ 0,12	P ≤ 0,05 S ≤ 0,05	34 ÷ 42	28	Wymagana próba na rozciąganie	
	H 70	0,4 ÷ 0,5			10		26
H. Stal węglowa szynowa	H 80	0,5 ÷ 0,6	P ≤ 0,06 S ≤ 0,05	70 ÷ 80	10	Wymagana próba na rozciąganie oraz próby przewodzone w normach dla szyn	
	L 34	≈ 0,12			8		28
I. Stal węglowa na narzędzia wiertnicze <sup>2)</sup> )	L 34	≈ 0,12	Si ≤ 0,20 Si ≤ 0,25	34 ÷ 42	28	Żerdzie wiertnicze oraz pompowe	
	L 35	≈ 0,12			0,5 R <sub>r</sub>		25
	L 45	≈ 0,25	Mn ≤ 0,8 Si ≤ 0,35	45 ÷ 55	20	Nożyce i niektóre narzędzia	
	L 55	≈ 0,4			55 ÷ 65		17
	L 65	≈ 0,5	65 ÷ 75	0,55 R <sub>r</sub>	14		

<sup>1)</sup> 1930. <sup>2)</sup> 1932. <sup>3)</sup> Znakowanie tymczasowe. <sup>4)</sup> Q<sub>r</sub> — oznacza wyraźną granicę płynności. <sup>5)</sup> A<sub>10</sub> — wydłużenie.



## SKOROWIDZ NAZWISK \*)

- Alembert J., Le Rond d'* 105  
*Archimedes* 111  
*Bach C. v.* 377  
*Baese* 248  
*Bazin H. E.* 73, 125  
*Bernoulli D.* 112, 114  
*Borda J. C.* 120  
*Bourdon E.* 139  
*Briggs H.* 39  
*Carnot Sadi N. L.* 53  
*Chézy A. de* 114, 117—9, 125,  
 152, 280  
*Dupuit A. J.* 119  
*Euler L.* 129, 381  
*Eytelwein J. A.* 125  
*Fliegner A.* 120  
*Guldin P.* 47  
*Hooke R.* 374  
*Kartezjusz (Decartes) R.* 54  
*Kochański A.* 43  
*Lang H.* 119  
*Mises R. v.* 119  
*Nepper (Napier) J.* 40  
*Newton I.* 115  
*Poisson S. D.* 376  
*Pitot H.* 137  
*Reynolds O.* 117, 201, 203  
*Stevin S.* 110  
*Tadini A.* 125  
*Torricelli E.* 110, 113  
*Troskoleński A. T.* 81, 107, 130,  
 140, 142, 149, 214, 226, 234,  
 238—9, 245, 263  
*Venturi G.* 147, 149, 150, 196  
 do 202, 207—10, 213, 275—6,  
 282, 284  
*Vollmar* 248  
*Weisbach J. L.* 118, 120, 122—3  
*Whitworth J.* 301, 312—5, 321,  
 332—5, 356—7  
*Young T.* 374

\*) Nie obejmuje nazwisk, zamieszczonych w części XI p. t. Bibliografia.

SKOROWIDZ NAZWISK

Alambert V. Le Rond d' 102	Wlass R. o. 119
Archimedes 111	Wpper (Wapier) J. 49
Bach C. o. 317	Wander I. 112
Bacon 246	Poisson S. D. 376
Bazin H. E. 73, 125	Pitot H. 137
Bernoulli D. 112, 114	Raynolds O. 117, 201, 203
Bernoulli J. C. 120	Stein S. 110
Bonhard E. 139	Tadini A. 125
Bouguer H. 39	Tartarville E. 110, 112
Cauchy A. de 114, 117-9, 125, 125, 280	Trokolanski A. T. 81, 107, 130, 140, 112, 146, 214, 226, 234, 238-9, 242, 263
Dupuit A. J. 119	Vandure G. 147, 149, 150, 196, 205, 207-10, 213, 215-6, 282, 284
Euler L. 129, 381	Vollmar 248
Eytwein J. A. 125	Waldsch J. E. 118, 124, 125-7
Ferguson A. 120	Whitworth A. 301, 312-5, 321, 322-7, 326-7
Galilei F. 47	Young T. 314
Hooke R. 374	
Immermann (Immerman) R. 51	
Kochanski A. 43	
Long H. 119	

## SKOROWIDZ RZECZOWY

### A

- Akumulator wodny 236—7
- Algebra 37—41
  - wektorów 82—3
- Analiza 37
- Ar 60
- Arcus (łuk) 31, 48
- Armatury 322—35
- Arytmetyka 37
- Asymptota 58
- Atmosfera fizyczna 61, 109
  - techniczna 61, 109, 141

### B

- Badania hydrauliczne 131, 277—8
- Badanie dokładności wykonania zbiornika 222
  - szczelności zbiornika 222
  - sztynności ścianek działowych 222
- Bar 62
- Barja 62
- Rednarka 345
- Bezwzględna wartość 35
- Bibliografia 285—98
- Błacha metalowa 339
  - aluminijowa (glinowa), cienka, cynkowa, miedziana, mosiężna, żelazna 340
- Błąd pomiaru 131
  - przypadkowy 131
  - systematyczny 131, 136
  - wskazań 152—3, 204, 274, 277
- Błędy wskazań wodomierzy skrzydełkowych 267
  - sprężonych 274
  - śrubowych 267
  - Venturi'ego 276

### C

- Cał angielski 63
- Całka określona 36
  - nieokreślona 36
- Cecha legalizacyjna 160, 265—6
  - logarytmu 39
- Cechowanie wodomierzy 160, 263, 275
- Centnar 60
- Centymetr 60
- Ceownik 348
- Charakterystyka przepływu 116, 118, 152, 161, 189, 191

- Chropowatość 205
- Ciało materjalne 89
  - sztynne 88
- Ciecz 108
  - doskonała 108
  - rzeczywista 108, 114—8
- Ciepło 62, 66
  - właściwe 66
- Cięciwa 30—1
- Ciężar 66, 81
  - atomowy 65
  - molekularny 65
  - właściwy 62, 66, 81, 107
  - właściwy ciał stałych 68—9
  - właściwy cieczy 70
  - właściwy gazów 70
  - właściwy rtęci 68, 141
  - właściwy wody 67, 141
- Ciśnienie 61, 107—8, 112
  - atmosferyczne 108
  - barometryczne 66
  - bezwzględne 61
  - dynamiczne 130, 210
  - hydrauliczne próbne 300
  - hydrostatyczne 130
  - nominalne 300
  - statyczne 130, 210
  - słupa rtęci 62, 110
  - słupa wody 62, 110
- Cossecani 35
- Cosinus 35, 48
- Cotangens 35, 48
- Czas 65, 81, 107
  - sprawdzania 277
  - wypływu cieczy ze zbiornika 114
- Częstość 81
- Częstotliwość 65
- Części maszyny 352—73
- Czułość 153
- Czworościan 92

### D

- Dausida 147—9
- Dekret o miarach 259, 263—4
- Długość 60, 65
  - cięciwy 30—1
  - łuku 30—1
  - nasadek wodomierzowych 227
  - przystawki 221
  - strzałki łuku 30—1
  - wbudowania łączników redukcyjnych 230

Doba 59  
 Dobór wielkości wodomierza 244—5  
 Dodawanie 37  
 Dokładność wskazań kryz i dysz mierniczych 203  
 Dokrę'ka 319  
   rurowa 312  
 Dolna granica obszaru mierniczego 153, 250  
 Dopuszczalne obciążenie  $\nu$  obciążenie dopuszczalne  
 Dosieczna 35  
 Dośrodkowa 44  
 Druł 342  
   aluminowy (glinowy) 342  
 Dwuluk zwarty 318  
   rozzwarty 318  
 Dwuzłączka 315, 320  
 Dwuteownik 350  
 Dyfuzor 196, 199  
   normalny 196—7  
   uskokowy 196—7, 200, 208—9  
 Dyna 61, 90  
 Dynamika 89—90  
   cieczy doskonałej 111—4  
   cieczy rzeczywistych 111, 114—8  
   punktu materialnego 89  
   układów materialnych 89  
 Dyskusja równania kwadratowego 41  
 Dyza miernicza 147, 150, 196—8, 234  
   odpływowa 228  
   o osi pionowej 228  
   o osi poziomej 228—9  
   podwójnie zaokrąglona 196  
   przepływowa 228, 230, 232  
   wypływowa 147, 228, 232, 250  
   znormalizowana 196—7  
 Działanie algebraiczne 37  
   główne 37  
   matematyczne 37  
   odwrotne 37  
   proste 37  
   siły ciężkości 90—4  
   wodonie za skrzydełkowego 159—60  
   wodomierza śrubowego 167, 170  
   wodomierza Venturi'ego 199  
   zaworu odciążonego kulowo-klapowego 187  
 Dzielenie 37, 39  
 Dzielność 103  
 Dzwon nurkowy 135  
 Dżul 62

## E

Elementarne prawo Newton'a 115  
 Elipsa 43, 45, 57  
 Energia 62, 66, 101—3  
   ciała obracającego się 103  
   ciśnienia 103  
   kinetyczna 81, 102, 107  
   położenia 103  
   potencjalna 103  
   ruchu 102  
   sprężystości 103  
   wewnętrzna 102

Entropja 66  
 Erg 62  
 Ewolwenta (odwinięta) 44

## F

Forma dynamiczna energii 102  
   geometryczna 37  
   liczbowa 37  
 Formaty papieru 64  
 Formuła Bazin'a 125  
   de Chézy'ego 114, 117—8, 152, 280  
   doświadczalna 118  
 Fundusz wodomierzowy 262  
 Funkcja 36  
   analityczna 34  
   goniometryczna (kątowna) 26—9, 48—53  
 Funkcje kątowne w czterech ćwiartkach 49  
   w trójkącie 52—3  
 Funkcyj kątownych wartości szczególne i graniczne 49

## G

Gaz 108  
 Geometria 37, 42—58  
   analityczna 37  
   analizyczna płaska 54—8  
 Geometryczny moment bezwładności 81, 96—7  
 Gęstość 61, 66, 107  
 Głowica kurka czerpalnego 333  
   rewolwerowa 228  
   zaworu przelotowego 333  
 Godzina 59  
 Goniometria 48  
 Gospodarka wodomierzowa 239—62  
 Gradus 60  
   kwadratowy 60  
 Graficzne obrazy funkcyj kątownych 49  
 Gram 61, 89—91  
   siła 61  
 Granica ciągu 40  
   dokładności 153  
   dolna obszaru mierniczego 153, 250  
   plastyczności (płynności) 374, 376  
   proporcjonalności 374, 376  
   sprężystości 374  
 Granice uchybień legalizacyjnych 265  
   uchybień obiegowych 265  
 Graniczne wartości funkcyj kątownych 49  
 Grzybek 186  
 Gwint 355—61  
   metryczny 358  
   metryczny drobny 359  
   okrągły 360  
   rurowy Whitworth'a 357  
   trapezowy metryczny 361  
   Whitworth'a (pełny) 356

## H

Hiperbola 44, 58  
   równoboczna 58  
 Hodograf 86—7

Hydrant nadziemny 327  
podziemny 328  
Hydraulika 118—129  
Hydrodynamika 111—18  
Hydrofor 236  
Hydromechanika 107—29  
Hydrostatyka 108—11

## I

Iloczyn skalarny 83  
wektorowy 83  
Ilość obrotów 81, 87  
ruchu 89, 106  
Instrukcja legalizacyjna o przyborach 214  
ogólna 276—8  
o sposobie sprawdzania wodomierzy 248  
skrzydełkowych 278—9  
sprzężonych 280, 282—3  
śrubowych 278, 280—1  
Venturi'ego 282, 284  
Instrukcje wodomierzowe 276—84

## J

Jaskrawość 62, 66  
Jasność 62, 66  
Jednostka masy 61, 89  
miar 59—62  
miar legalna 59—62  
podstawowa sił 61—2, 90  
urojona 35

## K

Kalorja 62  
Kanał wlotowy 159  
odpływowy (wylotowy) 159  
Kartoteka wodomierzowa 254—6  
nieruchomości 255—6  
Kąt 36, 59, 81  
bryłowy 60, 65  
pełny 59  
płaski 59, 65  
prosty 59  
sferyczny 60  
skręcania 375, 377—8  
Kątownik 346—7  
równoramienny 346  
nierównoramienny 347  
Kierownica paraboli 57  
ruchu 88  
strumienia 167  
Kilogram 61—2, 89, 90  
-siła 59, 61, 90—1  
Kilogramometr 62, 101  
Kilokalorja 62  
Kilometr 60  
Kilowat 103  
Kilowatogodzina 62  
Kinematyka 83—9  
Kinetyka 89  
punktu materialnego 104—5  
układów materialnych 105—6  
Kłapa 124, 187  
zwrotna 125

Klasyfikacja wodomierzy 149—50  
skrzydełkowych 157—9  
sprzężonych 180—1  
śrubowych 166  
Klin 354  
płaski 354  
styczny 354  
wklęsły 354  
wpuszczany 354  
Kolanko 316  
dwukolnierzowe 306  
odpływowe 229, 235  
z dwuzłączką 320  
Kolba miernicza 223—4  
Kolumna wodomierza sprzężonego 184  
Kolek 354  
cylindryczny 354  
stożkowy 354  
Kolo 42—3, 45, 56  
czołowe 369—70  
opisane na trójkacie 42  
stożkowe 369, 371  
śrubowe 372  
wpisane w trójkąt 42  
zębate 369—75  
Komora ciśnienia 140, 198, 227  
ciśnienia obwodowa 198, 226—7, 230—1  
Konstrukcje geometryczne 42—4  
Kontrola ruchu 241  
Koń mechaniczny (parowy) 62  
Koryto otwarte 125  
Krawędź przelewowa 215  
Kręt 106  
Krytyczne napięcie 188  
Kryza miernicza 147, 150, 197  
miernicza ostrobrzeźna 196  
Krzywa błędów 152—3, 161  
2-go stopnia 56—8  
Kula 47  
odciążająca 187  
Kurek czerpalny 332  
czerpalny typu A 334  
czerpalny z regulacją 333  
odpowietrzający 227  
Kwadrat 44, 96  
Kwadratura koła 43  
Kwintal 61

## L

Laboratorium wodomierzowe GUM 232  
Lambert 62  
Legalizacja wodomierzy 242, 253, 263—6  
Legalność wodomierzy 242, 264  
Lepkość 108, 114—5  
Libella (poziomnica) 132  
Liczba Poisson'a 376  
Liczba Reynolds'a 117, 201, 203  
Liczydło z obracającymi się wskazówkami  
158, 160  
z przeskakującymi cyframi 159—60  
Limes 35  
Linja działania siły 89  
prądu 112  
prosta 54—6



litr 70  
Logarytmy 1—24, 35, 39  
  dziesiętne 39  
  naturalne (Nepper'a) 35, 40  
  zwyczajne (Briggs'a) 39  
Ludolfina 25  
Luka 62  
Lumen 62

## L

Lata miernicza 132  
Łącznik łukowy 185  
  międzywodomierzowy 231—2  
  redukcyjny 229  
  redukcyjny z obwodową komorą ciśnienia 140, 230  
  wodomierzowy 226—7, 229—30  
  z żeliwa kowalnego 312—21  
Łopatka regulacyjna 170  
  turbiny 129  
Łuk 30—1, 36, 48, 317  
  dwuwkrętny 317  
  koła 42, 92  
  wydłużony 317  
  wydłużony z dwuzłączką 321  
  z dwuzłączką 320

## M

Manometr metalowy 138—9  
  metalowy kontrolny 139  
  nastawny 147, 232, 250  
  nastawny rtęciowy 148, 233  
  nastawny wodny 148, 250  
  otwarty rtęciowy 138  
  płytkowy (membranowy) 139  
  rurkowy (Bourdon'a) 139  
  różnicowy 232—6  
  różnicowy dwuramienny 140—4, 233—5  
  różnicowy jednoramienny 142, 233—5  
  różnicowy rtęciowy 134—5, 140—4, 202, 233—5  
  różnicowy toluolowy 140  
  różnicowy wodny 143—5, 233, 235  
Mantysa logarytmu 39  
Marnotrawstwo wody 241  
Masa 65, 81, 89  
  właściwa 61  
Matematyka 1—58  
  elementarna 37  
  podział 37  
  wyższa 40  
Mechaniczny przyrząd rejestrujący 193—4  
Mechanika ogólna 81—106  
Mechanizm biegów 157  
  liczydła 158, 170  
  liczydła wspólne 184, 193  
  wodomierza sprzężonego 184  
Metale handlowe 336—45  
Metoda drezdeńska 248—51  
  hanburska 248  
  Kochańskiego 43  
  miernicza bezpośrednia 131  
  podstawiania 40

porównywaniu wyrażen niewiadomej 40  
zależności  $Q_a$  od  $Q_e$  (trzecia) 250  
wyrównywania współczynników 41  
wzorcowania zbiorników 223

Metr 60  
Metrologia techniczna 130  
Miara bezwzględna (teoretyczna) kąta 48  
  manometryczna 109—10  
  praktyczna kąta 48  
Miedź handlowa 343  
Miejsce geometryczne 54—5, 57—8  
Miejsce przepisy wodociągowe 259—62  
Mierzenie ciśnienia sposobem manometrycznym 109—10  
Mikron 60  
Mimośród hiperboli 58  
Minuta 59  
  kątowna 59  
Moc (dzielnosc) 62, 66, 81, 103, 107  
  reakcji hydrodynamicznej 129  
Moduł 35  
  normalny zębów 369  
Moment 81, 94—7, 107  
  bezwładności 95—6, 103, 377—9, 381—3  
  bezwładności geometryczny 81, 96—7, 377—9, 381 3  
  bezwładności materialny 81, 95—6  
  bezwładności osiowy 95  
  ilości ruchu 95, 006  
  pary sil 99  
  reakcji 128—9  
  siły względem punktu 94  
  siły względem osi 95  
  skręcający 375  
  wytrzymałości 375, 377—83  
  zginający 375  
Mosiądz handlowy 343

## N

Naczynie paraboloidalne 211  
Nadajnik elektryczny 135—6  
Nadciśnienia 61  
Nadzór nad rzetelnością wodomierzy 265  
  techniczny nad wodomierzami 247—51  
Nakrętka płaska 366  
  okrągła do śrubokrętu 366  
  okrągła z wcięciami 366  
  moletowana 367  
Napór 107  
  całkowity 111  
  cieczy na ściany naczyń 110  
  elementarny 111  
  hydrodynamiczny 126—9  
  hydrostatyczny 110, 127  
Naprawa wodomierzy 251—2  
Napężenie 61, 374  
  dopuszczalne 374—5, 377  
  dopuszczalne dla śrub 300  
  normalne 66, 374  
  styczne 66, 376  
Nasadka wodomierzowa 140, 226  
Naślepka 313, 320

Natężenie krytyczne 188  
przepływu 61, 66, 77 9, 107, 147, 202, 277  
przepływu masowe 66  
przepływu objętościowe 66  
styczne 114  
wypływu 113—4, 121  
Nieprawidłowość w budowaniu 205  
Nieskończoność 35  
Nitowanie 353  
kątowników i teowników 351  
Nity 352—3  
Niezależność działania 184  
wskazań od warunków w budowaniu 208  
Niezmiennosc wskazań w czasie 207  
Normy 299—383  
dopuszczalnych obciążeń wodomierzy  
162, 169, 171, 174, 176, 192  
Numerus logarytmu 39

### O

Obciążenia dopuszczalne dobowo 156, 162,  
169, 176, 192  
dopuszczalne godzinne 156, 161, 193  
dopuszczalne miesięczne 156, 169, 176,  
192—3  
dopuszczalne śrub 361  
dopuszczalne wodomierzy 156, 162, 169,  
174, 176, 192—3  
dopuszczalne wodomierzy skrzydełko-  
wych 161, 269  
dopuszczalne wodomierzy sprężonych  
193  
dopuszczalne wodomierzy śrubowych  
171, 272—3  
dopuszczalne wodomierzy zwęzkowych  
213  
linjowe 61, 66  
najwyższe dopuszczalne 156, 161, 169,  
174, 176, 192—3  
powierzchniowe 61  
rzeczywiste 251  
właściwe 66  
właściwe linjowe 66  
właściwe powierzchni 66  
Objętość 60, 65, 107  
brył 46  
bryły obrotowej 47  
kuli 33  
użyteczna zbiornika 215—6  
wody najmniejsza 277  
Obraz geometryczny funkcji kątowej 49  
Obręczówka 345  
Obrót chwilowy 89  
na minutę 60, 370, 373  
osi współrzędnych 55  
Obazar mierniczy 154, 162, 169, 188, 201—2  
rejestracji 161, 170  
Obwód koła 1—24, 32, 42—3  
trójkąta 92  
związany 125  
Obwodowa komora ciśnienia 140, 198, 227  
Odhiór ciśnienia 207—9  
Odcinek koła 42, 45, 93  
kuli 47, 93  
prosty 92, 96

Oddziaływanie 104  
Odejmnowanie 37  
Okształcenie sprężyste 374  
trwale 374  
Odległość ogniskowa 66  
skrajnych włókien od środka ciężkości  
375—7  
Odpowiedzialność odbiorcy wody za stan  
wodomierza 259  
zakładu wodociągowego za stosowania  
wodomierzy nie odpowiadających po-  
stanowieniom Dekretu o miarach  
264—6  
Odsadzka 318  
Odwrotność 1—24  
Ognisko elipsy 57  
hiperboli 58  
Ogłędziny techniczne zbiorników mierni-  
czych 221  
Okoliczności przypadkowe ruchu 119  
Okólnik GUM o nadzorze nad wodomie-  
rzami 266  
Dyrektora GUM o wodomierzach sprę-  
żonych 263  
Okres sprawdzania 278  
ważności cechy legalizacyjnej 247, 267,  
275, 276  
Określenia podstawowe i klasyfikacja  
wodomierzy skrzydełkowych 157—9  
wodomierzy sprężonych 179  
wodomierzy śrubowych 166  
wodomierzy zwęzkowych 195—6  
Określenie wielkości wodomierza 151—2  
Opis konstrukcji wodomierzy 159—61, 167  
Opłaty za zużyty wodę 257—9  
Opory bezwładności 105  
hydrauliczne 113, 118—9  
Organ depnymogeniczny 130, 195, 202  
Organizacja biurowości 253—6  
sposobu naprawy wodomierzy 232  
Osadnik 159  
Ostroślup 46, 93  
ścięty 46  
Otworek piezometryczny 140, 198, 209,  
227, 230, 266—7  
Otwory przejściowe do śrub 362  
w kołnierzach 304—5  
Oznaczeniu gwintów 355  
Oznaczenie najważniejszych wielkości fi-  
zycznych 65—6

### P

Para 300  
przeznaczona 300  
sił 99, 375  
Parabola 43, 57—8  
Paraboloida obrotowa 116  
Paradoks hydrostatyczny 110  
Parametr hiperboli 58  
paraboli 57  
Pęd 89, 94  
Pierścień 45, 47, 97  
Pierwiastek 1—24, 35, 38  
kwadratowy 35

- równania 40  
 ułamków 25  
 Pierwiastkowanie 37  
 Piec 62  
 Piezometr 138  
 Pięciobok umiarowy 42  
 Pion 90  
 Planimetria 37, 42—5  
 Plomba legalizacyjna 259, 261  
 Płaskownik 344  
 Płyn 108  
 Płyta celulooidowa 339  
 Płytki regulacyjna 160  
 Pobocznica 46  
 Początek układu współrzędnych 54—8  
 Podkładka 363  
   pierścionkowa płaska 362  
 Podstawa 46  
 Podstawowa jednostka miar 89  
 Podstawowe równanie turbiny wodnych 129  
 Podstawy dynamiki 89—90  
 Podziałka zęba 369—73  
 Podział obwodu koła 32, 42—3  
   matematyki elementarnej 37  
 Pola figur 44—5  
   brył 46—7  
 Pole 60, 65  
   dokładności 153  
   koła 97  
   kwadratu 97  
   niezerelności wodomierza 246  
   pierścienia kołowego 97  
   powierzchni obrotowej 47  
   półkola 97  
   prądu 112  
   prędkości 112  
   prostokąta 96  
   skalarne ciśnienie 112  
   trapezu 93  
   trójkąta 92  
   wektorjalne prędkości 112  
 Połączenie mocne 353  
   równoległe wodomierzy 181—3  
   szereżne 353  
   szeregowe wodomierzy 181—3  
 Położenie środka ciężkości figur 44—5  
   środku masy 92—3  
 Pomiar ciśnienia 138—45  
   czasu 137  
   naciśnienia 138  
   natężenia przepływu 147—8  
   objętości 145—7  
   prędkości 137—8  
   spadku ciśnienia 140—7  
   wysokości napełnienia zbiornika 134  
 Pomiar dokładniejszy 131  
   hydrrotechniczne 130  
   linjowe 132—6  
   warztałowe 63  
   wodne 130—48  
   wodne bezpośrednie 131  
   wodne kontrolne 131  
   wodociągowe 130  
   zwyyczajne 131  
 Pompa nurnikowa 236, 238  
   odśrodkowa 236—8  
   tłokowa 236, 238  
 Porównanie własności hydraulicznych  
   i mierniczych wodomierzy 208—10  
   poszczególnych systemów wodomierzy  
   155, 203—10  
 Postanowienia ogólne prawa o miarach  
 263—4  
 Postępowanie administracyjno-karne 265  
   wyjaśniające 265  
 Potęga 1—24, 34, 37, 38  
 Potęgowanie 37, 39  
 Powierzchnia 60, 107, 375—7  
   brył 46  
   doszczelniająca 123  
   kula 1—24  
   kuli 33  
   obrotowa 127  
   odcinka kołowego 30—1  
   swobodna ciężcy 108  
   wycinka kołowego 31  
 Poziom 90  
 Półkole 45, 97  
 Półkula 93  
 Praca 62, 66, 81, 101—3  
   całkowita 101  
   elementarna 101  
 Pracownia sprawdzania wodomierzy 214  
   do 238, 252—3  
 Prawidłowe wbudowanie wodomierzy  
 156—7  
 Prawidłowość odbioru ciśnienia 207  
 Prawo akcji i reakcji 90  
   bezwładności 90  
   Hooke'a 374  
   hydromechanicznego podobieństwa 117  
   łączności 37, 40  
   Newtona (elementarne) 115  
   o miarach 259, 263—6  
   Pascal'a 108  
   przekształceń 40  
   przemienności 37, 40  
   rozdzielności 37, 40  
 Prędkość 65, 81, 107, 112  
   kątowna (obrotu) 81, 87—8  
   krytyczna 114, 117  
   maksymalna 116  
   miejscowa 130, 137, 147  
   początkowa 85  
   przepływu 117—8, 125, 137  
   średnia 84—5  
   wypływu 72, 113—4  
 Pręty 341, 375  
   aluminjowe (glinowe) 342  
 Projekty przepisów i instrukcyj wodo-  
 mierzowych 266—84  
 Promień 81  
   bezwładności 95  
   hydrauliczny 65, 125  
   kula 42, 48  
   krzywizny 81, 104  
   -wektor 82  
   wodzący 57

Prostka kielichowa 308—9  
kólnierzowa 304—5  
rurowa 229  
Prostokąt 44, 96  
Prostokątny układ współrzędnych 54  
Prostopadłościan 46  
Prywatny punkt legalizacyjny 253, 263  
Przeciążanie wodomierzy 244  
Przedrostki do tworzenia jednostek miar 59  
Przekrój 81, 107  
mierniczy 198  
poziomy zbiornika 216  
przelotowy 123  
przewężenia 150, 198  
swobodny 122  
wlotowy 150, 198  
Przelew mierniczy 149  
Przełącznik rżęciowy wahadłowy 195  
Przemienność (warjacja) 36  
Przepisy i instrukcje wodomierzowe 263—84  
wodociągowe miejscowe 259—62  
Przepisy o warunkach legalizowania wodomierzy 266—76  
skrzydełkowych 266—7  
sprzężonych 274—5  
śrubowych 267—73  
Venturi'ego 275—6  
Przepływomierz zwężkowy 146—7  
Venturi'ego 147  
Przepuszczalność 151—2  
nominalna 151, 179  
rzeczywista 151, 179, 266, 274, 278, 280  
teoretyczna 151—2, 179, 267, 274, 280  
wodomierza 80  
Przesunięcie 84, 88  
chwilowe 89  
punktu 84  
równoległe układu współrzędnych 55  
Przewężenie 199  
jednostkowe 374  
Przewód główny 150  
odpływowy 225, 229  
upustowy 229  
Przybory do sprawdzania wodomierzy 214—38  
legalizacyjne 214  
Przyrost 36  
Przyrząd elektryczny do przenoszenia wskazań wodomierzy silnikowych na odległość 194—5  
do wykreślnej rejestracji wskazań wodomierzy silnikowych 193  
niwelacyjny 132  
rejestrujący 195, 250  
rejestrujący do wodomierzy zwężkowych 211  
rejestrujący elektryczny 276  
rejestrujący mechaniczny 193—4, 276  
rejestrujący z krzywką pierwiastkującą 212—3

rejestrujący z naczyniem paraboloidalnym lub wstawką paraboloidalną 202, 211—2  
Przyrządy miernicze pomocnicze 232—6  
Przystawanie trójkątów 52—3  
Przystawka 221  
cyldryczna 121  
wewnętrzna 121  
Przyśpieszenie 81, 86, 107  
dośrodkowe 86  
kątowe 65, 81  
linjowe 60, 65  
normalne 86, 88  
ruchu obrotowego 88  
siły ciężkości 25, 65, 81, 85, 91  
styczne 86, 88  
średnie 85  
Punkt materialny 89  
przyłożenia siły (zaczepienia siły) 89, 375  
Puszka membranowa 135

## R

Radjan 31, 48, 60  
Ramie bezwładności 95  
pary sił 99  
Reakcja 104  
hydrodynamiczna 127—9  
Reguła Guldin'a 47  
Rodzaje nitów 352  
równowagi 100  
połączenia wodomierzy sprzężonych 181—3  
Rozciąganie 375, 377  
Rozdrożnik 321  
Rozdział świadczeń za wodę 242  
Rozkład prędkości 116  
prędkości w przewodzie 137  
Rozpiętość obszaru mierniczego 207  
Rozruch 153, 250, 268, 270—1, 275  
Rozrząd natężeń przepływu 191  
Równanie 40  
1-go stopnia (linjowe) 40  
1-go stopnia z jedną niewiadomą 40  
1-go stopnia z dwiema niewiadomymi 40  
2-go stopnia (kwadratowe) 41  
Bernoulli'ego 112, 114  
elipsy 57  
hiperboli 58  
koła 56  
normalne prostej 55  
odcinkowe prostej 55  
paraboli 57—8  
prostej 55—6  
ruchu 84  
ruchu burzliwego 117  
ruchu uwarstwionego 116  
środkowe hiperboli 58  
turbiny wodnych 129  
wierzchołkowe paraboli 57  
Równoległobok 96  
Równowaga ciał 99—100  
ciał pływających 111  
cieczy w naczyniach połączonych 109

cięczy w polu ciężkości 108  
niestała (chwijna) 100  
obojętna 100  
stała 100  
Różnica (przyrost) 36  
Różniczka 36  
cząstkowa 36  
Ruch 83—9  
burzliwy 117—8  
ciała sztywnego w przestrzeni 88—9  
chwilowy 89, 111  
cięczy niewirowy 111  
cięczy w korytach otwartych 125  
cięczy w przewodach zamkniętych  
118—25  
elementarny 89  
główny 117  
jednostajnie przyspieszony 85  
jednostajnie zmienny 84  
jednostajny 84  
jednostajny po kole 87  
krzywoliniowy 84, 86  
niejednostajnie zmienny 84  
nieswobodny 104  
obiegowy 176  
obrotowy 87, 111  
poboczny 117  
postępowy 88, 111, 126  
posuwisto-zwrotny 176  
procesyjny 176  
prostoliniowy 84  
swobodny 112, 118  
ustalony 112  
uwarstwiony 114—7  
wirowy 112  
zmienny 84—6  
zmienny krzywoliniowy 86  
Rura aluminiowa 343  
gazowa 338  
gwintowana 310  
miedziana 337  
mosiężna 336  
ołowiana 338  
stalowa 336  
Venturi'ego 147, 196  
Venturi'ego z dyfuzorem uskukowym 196  
Rurka Pitot'a 137  
upustowa 227  
Rurociągi 300—15

## S

Schemat manometru rzęciowego dwura-  
miennego 141  
ogólny gwintów metrycznych 259  
prawidłowego wbudowania wodomierzy  
śrubowych 172  
sprawdzania wodomierzy Venturi'ego  
287  
układu do pomiaru wysokości napęnie-  
nią zbiornika 134  
urządzenia pływakowego 135  
ustawienia zasuw 326  
wzorcowania zbiornika mierniczego 224  
Secans 35

Sekunda 59  
kątowna 60  
Sekundomierz 137, 232  
Sieczna 35, 42  
Sieć wodociągowa 236, 238  
Silnia 35  
Siła 66, 89, 107  
d'Alembert'a 105  
bezwładności 94, 105  
ciężkości 90  
czynna 105  
dośrodkowa 105  
odśrodkowa 105  
rozpraszająca 103  
wewnętrzna 105  
wypadkowa 81  
zachowawcza 103  
Sinus 35  
kąta 48  
Skala mianowana 133, 219, 223, 133  
niemianowana 133, 219  
wodowskazowa 132—3, 218  
Skalar 82, 89, 101  
Skręcanie 375, 377  
Skręt 89  
Skrętka 319  
Skróty oznaczeń gwintów 355  
Smok 125  
Spadek ciśnienia 107, 116, 147  
ciśnienia mierniczego 199—210, 275  
hydrauliczny 116, 118  
niwelacyjny 132  
Sposób wbudowania wodomierza 260  
skrzydełkowego 162  
śrubowego 171—2  
Venturi'ego 208  
Spółczynnik chropowatości 119, 125  
lepkości 115  
lepkości kinematycznej 115  
oporu 107, 113, 119—25  
sprężystości 376  
sprężystości podłużnej 374, 376  
sprężystości poprzecznej 376  
tarcia wewnętrznej 115  
wydłużenia sprężystego 374  
wplywu 113  
wytrzymałości 376  
załamania światła 66  
zawiesistości 115—6, 119  
zwężenia 107, 113  
Spółrzędna 81  
Sprawdzenie wodomierza 243  
zbiorników miernicznych 219  
Sprawność 66  
Stacja wodomierzowa 214—38  
Stal węglowa 300, 384—5  
Stan napełnienia zbiornika 277  
wykropleniu zbiornika 146, 221  
Statyka 89, 98—100  
Sten 61  
Ster 60  
Sieradjan 60  
Stereometria 37, 46—7  
Stężenie chemiczne 66

Stojak 329  
 Stopień bezpieczeństwa 374  
 kątowny 48, 59  
 kwadratowy 60  
 regulacji 152—3  
 równania 40  
 temperatury 62  
 Stopniowanie ciśnień 300  
 Stożek 46, 93  
 ścięty 47  
 Śrół mierniczy 214, 224—32, 228—31, 231  
 do sprawdzania szeregowego wodomierza 231—2  
 do sprawdzania wodomierzy mniejszych rozmiarów 225—8  
 do sprawdzania wodomierzy większych rozmiarów 228—31  
 Strata ciśnienia 123, 200  
 ciśnienia trwała 200, 206—10, 275—6  
 energii 74, 120—5  
 hydrauliczna 184  
 Strefa przełączenia 183, 189  
 Struga 112  
 Strumień świetlny 62, 66  
 Styczna 42  
 Suma 36  
 geometryczna 83  
 Suwak logarytmiczny 232  
 mierniczy warsztatowy 132  
 Symetralna 42  
 Systemy obliczania opłat za wodę 257—9  
 mieszane 258—9  
 oddawania wody (à discretion) 257  
 organizacji biurowości 256  
 przyrządów rejestrujących 202, 211—3  
 wodomierzy stosowanych w gospodarce wodociągowej 239—41  
 Syfon 319  
 Sześcián (kostka) 46  
 Szybkość (prędkość) 65  
 kątowa 60, 65  
 linjowa 60, 65  
 unoszenia 126

## §

Ścinanie 375, 377  
 Ściskanie 375, 377  
 Ślimacznica 373  
 Ślimak 373  
 Średnica 42, 81  
 nominalna 151, 300  
 normalna wałów pędnianych 368  
 rzeczywista 151  
 teoretyczna 151  
 wewnętrzna przystawki 221  
 Środek ciężkości 44—5, 92, 377  
 geometryczny 45  
 masy 92—4, 105  
 naporu 111  
 Śruba dociągająca 364  
 dwustronna 301  
 Świadectwo legalizacji 264  
 Światłość 66  
 w określonym kierunku 62  
 Świeca międzynarodowa 62

## T

Tablice fizyczne 65—6  
 przeliczeń długości cali ang. na mm 63  
 wartości  $Q$ ,  $\Delta h$  i  $v$  dla wodomierzy 80  
 zamiany cala angielskiego na mm 63  
 zamiany wartości liczbowych natężeń przepływu 76, 79  
 Tangens 35  
 kąta 48  
 Tarcie wewnętrzne 108  
 Temperatura 62, 66, 81  
 bezwzględna 66  
 względna 66  
 Teoria hydrauliczna 118  
 Teownik 349  
 Termometr 232  
 Tonna 61  
 siła 61  
 Tor 84  
 Taśmownik 345  
 Trapez 45, 97  
 Trójkąt 36, 44, 52, 53  
 prostokątny 52  
 ukośnokątny 53  
 Trójnik 307, 316—8, 321  
 Trygonometria 37, 48—53  
 Turbina wodna 129  
 Twierdzenie Carnot'a 53  
 sinusowe 53  
 Stevin'a 110  
 tangensowe 53  
 Typ wodomierza właściwy 242—4

## U

Uchwyt bagietowy 228  
 dyszowy 225, 228—30  
 teleskopowy 226  
 wodomierzowy tylny 226  
 Uchybienia legalizacyjne 265  
 obiegowe 264—5  
 przyrządu wskazującego elektrycznego 276  
 przyrządu wskazującego mechanicznego 276  
 wodomierzy Venturi'ego 276  
 Układ logarytmów 39  
 miar C. G. S. 59  
 miar M. T. S. 59  
 otworów do śrub 305  
 prawy 83  
 sił przestrzenny 100  
 współrzędnych prostokątny 54  
 techniczny miar 59, 90—1  
 zachowawczy 103  
 Ułamki 25  
 Urządzenie do pomiaru natężenia przepływu 232—3  
 do pomiaru wysokości napelnienia zbiornika 134—7  
 elektryczne do pomiaru wysokości napelnienia zbiornika 136  
 pływakowe do pomiaru stanu napelnienia zbiornika 135

pneumatyczne do pomiaru wysokości  
napęnienia zbiornika 135—6  
przerzutowe 284  
umożliwiające cechowanie wodomierzy  
bez użycia drutu 160—1  
zasilające układy miernicze 236—8  
Uwierzytelnianie zbiorników mierniczych  
222—4  
Uzbrojenie zbiorników mierniczych 218  
do 221

## W

Wahadłowy przełącznik rtęciowy 195  
Walec 46  
Wał 369  
    pędniany 368  
Warjacja 36  
Wartości liczbowe często spotykane 25  
    liczbowe momentów bezwładności i mo-  
    mentów wytrzymałości 380—1  
    spółczynnika w formule Bazin'a 73  
    szczególne funkcji kątowych 49  
Wartość bezwzględna 35, 82  
Warunek ciągłości ruchu 112  
Warunki dokładności wodomierzy skrzy-  
    dełkowych 268  
    sprzężonych 275  
    śrubowych 270—1  
Warunki, którym powinny odpowiadać  
    nowoczesne wodomierze 154  
    laboratoryjne 277  
    legalności 274  
    ogólne równowagi 100  
    prawidłowego wbudowania dysz i kryz  
    mierniczych 204 5  
    prawidłowego wbudowania wodomierzy  
    156—7  
    prawidłowego wbudowania wodomierzy  
    skrzydełkowych 162  
    prawidłowego wbudowania wodomierzy  
    śrubowych 171—2  
    sprawdzania wodomierzy  
    skrzydełkowych 279  
    sprzężonych *WM-S-ZK* 213  
    śrubowych 281  
Wat 62  
Watosekunda 62  
Wbudowanie wodomierza w sieć 156—7,  
    260  
Wektor 36, 81, 82  
    prędkości 84  
    nieswobodny związany z prostą 82  
    nieswobodny związany z punktem 82  
    swobodny 82  
    wypadkowy 83  
Wielobok umiarowy 32  
    sznurowy 99  
Wierzchołek hiperboli 58  
    paraboli 57  
Wirnik 159, 167, 170, 172, 175  
Wkręt nastawczy 365  
    o łbie cylindrycznym 361  
    o łbie kulistym 364  
    o łbie płaskim 365  
    o łbie soczewkowym 365

Własności hydrauliczne i miernicze wodo-  
    mierzy 152  
    skrzydełkowych 161—2  
    sprzężonych 192  
    śrubowych 169, 170  
    śrubowych stojakowych 174  
    śrubowych studziennych 176  
Własności kinetyczne łożka masy 94  
Wodomierz 146, 149—213  
    bębnowy 149  
    boczny (mały) 179  
    domowy 240  
    dynamiczny v. zwężkowy  
    dystrykcyjny 190, 240—1  
    główny (duży) 179, 240—1  
    hydrantowy 166, 173  
    jednostrumieniowy 157  
    komorowy 149, 155, 176—9, 240  
    kontrolny 240, 248—51  
    kotłowy 166  
    legalizowany 263—4  
    legalny 263—4  
    mieszaniowy 240  
    młynkowy v. śrubowy  
    mokry (makrobieżny) 158  
    nieckowy 149  
    objętościowy (komorowy) 149  
    otwarty 149  
    pojedynczy 150  
    przechońnio-legalny 264  
    puszkowy 150, 155, 177, 241  
    rzetelny 263—4  
    silnikowy 149, 150, 155  
    silnikowy komorowy 176—9  
    silnikowy wirnikowy 150, 155  
    skrzydełkowy 150, 155, 157—66, 188—9,  
    240, 266—9, 278, 279  
    skrzydełkowy do przewodów pionowych  
    163, 166  
    spiętrzający 149  
    sprzężony 150, 179—93, 274—5, 280—3  
    sprzężony skrzydełkowy 188—9, 280  
    sprzężony śrubowy 189—93  
    stacyjny 240  
    suchy (suchobieżny) 158  
    śrubowy (młynkowy) 150, 155, 166—176,  
    189—93, 240, 267, 270—73, 278, 281  
    śrubowy pojedynczy 166—72  
    śrubowy stojakowy 173—4  
    śrubowy studzienny 175—6  
    tarczowy 150, 155, 178, 241  
    tłokowy 150, 177, 241  
    turbiniowy 150  
    upustowy 149, 150  
    użytkowy 240, 248—9, 251  
Venturi'ego 149, 150, 155, 196—200,  
    240, 275—6, 282—4  
Venturi'ego otwarty 149  
Venturi'ego z dyfuzorem normalnym 210  
Venturi'ego z dyfuzorem uskokowym 200  
wielostrumieniowy 157  
wirnikowy 149, 155  
wodociągowy 149

zamknięty 149  
 zwężkowy 149—50, 155, 195—213, 240  
 Wodowskaz 218—9  
 Wodzydło wskazówkowe 134  
 wziernikowe 134, 219—20  
 Wpływ niektórych czynników na dokładność wskazania dysz i kryz mierniczych 204—5  
 Wpustka 354  
 Wspólny mechanizm liczydła 184, 193  
 Wstawka paraboloidalna 211  
 Venturi'ego 196, 200, 209—10  
 Wybór właściwego typu wodomierza 242  
 Wycinek koła 42, 45, 93  
 kuli 47  
 Wydłużenie jednostkowe 374  
 Wykładnik 37, 39  
 Wykreślne wyznaczenie wypadkowej sił 99  
 Wykresy funkcji kątowych 49  
 Wymagania, którym powinny odpowiadać wodomierze stosowane w obrocie publicznym 263—4  
 Wymiary figur 44—5  
 nitów 32  
 papieru 64  
 Wpływ cieczy przez poziomą przystawkę cylindryczną 121  
 ustalony przez mały otwór w dużym zbiorniku 113  
 Wypór hydrostatyczny 111  
 Wyrażenie algebraiczne 37  
 Wyróżnik hydrauliczny wodomierza 151  
 konstrukcyjny wodomierzy zwężkowych 200—1  
 równania kwadratowego 41  
 Wysokość ciśnienia 109, 138  
 napełnienia 132  
 prędkości 71, 85, 91  
 strat energetycznych 74—5, 107, 114, 118—9, 138  
 Wytrzymałość materiałów 374—82  
 na rozciąganie 374  
 Wyznacznik 35  
 Wzorcowanie zbiorników mierniczych 222  
 Wzory Eulera na wyhoczenie 379  
 połówkowe funkcji kątowych 53  
 redukcyjne funkcji kątowych 49  
 Wzór de Chézy'ego 114, 117—9, 125, 152  
 Lang'a 119  
 Mises'a 119  
 Reynolds'a 117  
 Tadini'ego, de Chézy'ego i Eytelwein'a 125  
 Torricelli'ego 113  
 Weisbach'a 118

## Z

Zakład wodociągowy 265  
 wodociągowy planowy 257  
 Zakówka 352  
 Zakres stosowalności różnych typów wodomierzy 239—41

poszczególnych typów wodomierzy zwężkowych 196—7  
 wodomierzy śrubowych 166  
 Zakrzywienie rury 122  
 Zalety wodomierzy Venturi'ego w porównaniu z innymi systemami wodomierzy zwężkowych 207  
 Zależności zachodzące pomiędzy natężeniami wypływu a wysokościami napełnienia zbiornika 114  
 Załom rury 121  
 Zamiana cala angielskiego na milimetry 63  
 wartości liczbowych natężeń przepływu 76—9  
 Zasada d'Alembert'a 105  
 Archimedes'a 111  
 bezwładności materji 98  
 dynamiki druga 90  
 dynamiki pierwsza 89—90  
 dynamiki trzecia 90  
 geometrii ruchu 111—2  
 liczenia logarytmami 39  
 logarytmów naturalnych 25  
 miernicza wodomierzy komorowych 176  
 miernicza wodomierzy zwężkowych 147, 195  
 momentów ilości ruchów 106  
 niezależności działania 98  
 pół 106  
 pracy i energii 104—5  
 przenoszenia sił 98  
 ruchu środka masy 105  
 superpozycji sił 98  
 Torricelli'ego 100  
 zachowania energii 103  
 Zasadnicze wymiary wbudowania wodomierzy skrzydełkowych 164—5  
 wodomierzy śrubowych 168  
 wodomierzy stojakowych 174  
 Zasady racjonalnej gospodarki wodomierzowej 239—62  
 Zasięg regulacji 152—3, 161, 170  
 Zasilanie stacyj wodomierzowych 238  
 Zasuwy owalne kielichowe 324  
 owalne kołnierzone 322  
 płaskie kołnierzone 323  
 Zawór ciężarowy podwójny 180, 186  
 ciężarowy pojedynczy 180, 185  
 dopływowy 225, 229  
 mierniczy wypływowo 147  
 odciążony kulowo-klapowy 180, 186—8  
 odpływowy regulacyjny 227  
 przelotowy 330  
 przelotowy kątowy 330  
 przelotowy typu B 331  
 regulacyjny stożkowy 225  
 stożkowy 124  
 talerzowy 123  
 wypływowo 147—8  
 wypływowo w dnie zbiornika 220—1  
 wzniosowy 123—4  
 zasuwowy 122  
 zasuwowy regulacyjny 229  
 zmiennego obciążenia 179, 180, 184—8



Zbiornik ciśnien 134, 236—7  
ciśnien z korytami przelewowymi 237  
górny 236 7  
grawitacyjny 134, 136  
mierniczy 134, 145, 214—24  
mierniczy pojedynczy 145—6  
mierniczy złożony 145  
złożony przelewowy 215  
żelazny 217  
żelbetowy 217—8  
Zespół dysz wyptywowych 234  
nasadek wodomierzowych 225  
Zetownik 351  
Zjawiska ruchu swobodnego 112  
Zlęzka 319  
Zmiana układu współrzędnych 55  
Zmienność wskazań wodomierza 245—6  
Znaczenie pomiarów wodnych w gospodarce wodociągowej 239  
wodomierzy w gospodarce wodociągowej 241—2

Znaki funkcyj 36  
matematyczne 34—6  
Znakowanie rur i kształtek 302—3  
Zwęźenie strugi 113  
Zwężka 150, 195, 319  
Venturi'ego 198—200  
Związek algebraiczny 54  
Związki między funkcjami kątowymi 50—1  
Zwierciadło cieczy 108

## Z

Żelazo handlowe 336—45  
kwadratowe 341  
okrągłe 341  
płaskie 344  
sześciokątne 341  
taśmowe 345  
Żeliwne rury kanalizacyjne 309  
wodociągowe 302—8



MP.4080



BIBLIOTEKA GŁÓWNA  
Politechniki Warszawskiej

**NP. 4080**



40050000017297