

Silesian University of Technology
Faculty of Energy and Environmental Engineering
Institute of Power Engineering and Turbomachinery

Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Środowiska I Energetyki
Instytut Maszyn I Urządzeń Energetycznych

Flow counters

Przepływomierze zliczające

Fundamentals of Metrology and Experimental Engineering

Podstawy Metrologii i Techniki Eksperymentu

(M-IX)

Developed by MSc. Klaudia Dubiel

Opracowała mgr inż. Klaudia Dubiel

PURPOSE OF THE EXERCISE

The purpose of the exercise is to learn about structure and the principles of operation of the fluid flow counters.

CEL ĆWICZENIA

//Celem ćwiczenia jest poznanie budowy i zasady działania liczników przepływu.

INTRODUCTION //WSTĘP

The determination of an amount or a volume flow of fluid is the most common group of the measurements. The flow measurements are common, both in the industry and household sector. Flow counters are used for measurement the mass or volume of fluid. The simplest flow meter can be a container of known volume. The time to fill the container is measured. In addition the container can be weighed (tared). There are several types of flow meters:

//Do najczęściej realizowanej grupy pomiarów należą pomiary ilości i strumienia przepływającego płynu. Pomiary przepływu są powszechne zarówno w przemyśle jak i w gospodarstwach domowych. Do pomiaru objętości lub masy przepływającego płynu wykorzystuje się przepływomierze zliczające (liczniki przepływu). Najprostszym licznikiem przepływu może być naczynie o znanej objętości. Pomiar polega wówczas na pomiarze czasu napełniania naczynia. Dodatkowo naczynie z zebraną cieczą można zważyć po uprzednim wytarowaniu wagi (odliczeniu wagi pustego naczynia od wagi całkowitej) [1]. Wyróżnia się następujące rodzaje przepływomierzy zliczających:

a) Dual counter calibrated //Podwójny licznik wzorcowany

The tank is equipped with two chambers of equal volume, separated by partition with spillway. The measurement consists of an alternating filling the chambers and measuring the time of discharge.

//Zbiornik wyposażony jest w dwie komory o jednakowej objętości, oddzielone przegrodą z przelewem. Pomiar polega na naprzemiennym napełnianiu komór i pomiarze czasu ich opróżniania.

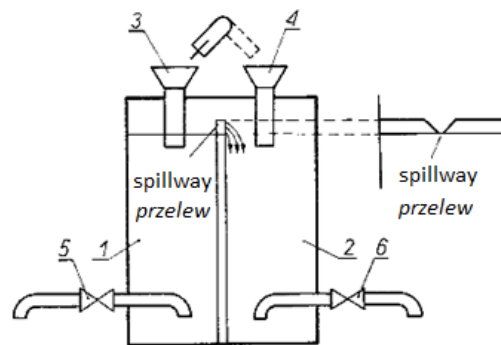


Fig. 1 Dual counter calibrated, 1 – first chamber, 2 – second chamber, 3 - inlet of the first chamber, 4 - inlet of the second chamber, 5 – outlet valve of the first chamber, 6 – outlet valve of second chamber [1]

// Rys.1 Podwójny zbiornik wzorcowany, gdzie: 1 – pierwsza komora, 2 – druga komora, 3 – otwór wlewowy komory 1, 4 – otwór wlewowy komory 2, 5 – zawór spustowy komory 1, 6 – zawór spustowy komory 2 [1]

b) Rocker counter //Licznik nieckowy

This counter uses gravity. The counter consists of two interlocked troughs and it can oscillate. One of the trays is being filled with liquid and next the tray is tipped by gravity. The full trough is being replaced by the empty tray and the liquid is poured out. The device can be coupled with a counter-oscillations [1].

//Omawiany licznik wykorzystuje siłę ciężkości. Zbudowany jest z dwóch zblokowanych korytek, które mogą wykonywać ruch wahliwy. Jedno z korytek napelnia się cieczą, pod wpływem siły ciężkości przechyla się, następuje podstawienie drugiej, pustej niecki i ciecz przelewa się. Układ ten może zostać sprzęgnięty z licznikiem przechyłów [1].

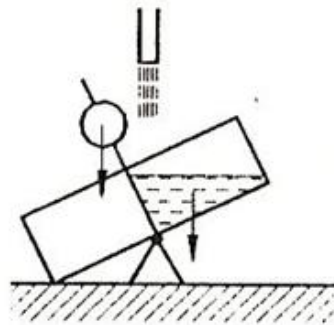


Fig. 2 Rocker counter

//Rys.2 Licznik nieckowy

c) Chamber counters // Liczniki komorowe

These devices consist of a chamber (or chambers) that obstructs the media flow, and by rotating or reciprocating motion of the mechanism allows to flow of the fixed-volume of fluid and - as a consequence - to count the amount of the fluid. These devices have high-accuracy (measurement error: to $\pm 0,5\%$ for liquid and to $\pm 1\%$ for gases) but they need high purity fluids.

//Urządzenia te składają się z komory (komór), które utrudniają przepływ mediów i poprzez obrót lub ruch posuwisto-zwrotny mechanizmu, pozwalają na przepływ ściśle określonych objętości płynu i w konsekwencji ich zliczenie. Przyrządy te cechują się wysoką dokładnością pomiaru (błąd pomiaru rzędu $\pm 0,5\%$ dla cieczy i do $\pm 1\%$ dla gazów, ale wymagają wysokiej czystości płynów.

• Oscillating piston flow meters //Liczniki puszkowe

Liquid enters into a chamber which contains an piston with shape can of the I-beam cross-section. The position of the oscillating piston divides the chamber into parts containing an exact volume. Pressure of the liquid causes that the piston oscillates. Each revolution of the piston is equivalent with a transfer of exact volume of liquid and the motion is transferred by mechanic gear or magnetic clutch to a totaliser. Applications include water, alcohols, fuels,

Flow meters//Przepływomierze zliczające

inks, oils etc in the range of 0,05 to 100 m³ at a temperature to 150 °C and a pressure to 3 MPa.

//Ciecz trafia do komory, w której znajduje się tłok w kształcie puszki o przekroju dwuteowym. W komorze, w zależności od pozycji obracającego się tłoka, można wyróżnić części o znanej objętości. Ciśnienie cieczy powoduje obrót tłoka. Każdy obrót, który jest równoznaczny z przeniesieniem określonej objętości cieczy, jest przekazywany poprzez przekładnię mechaniczną lub sprzęgło mechaniczne do układu zliczającego. Stosowane są do pomiarów objętości wody, alkoholi, paliw, farb, olejów itp, w zakresie 0,05 ÷ 100 m³, przy temperaturze do 150 °C i ciśnieniu do 3 MPa.

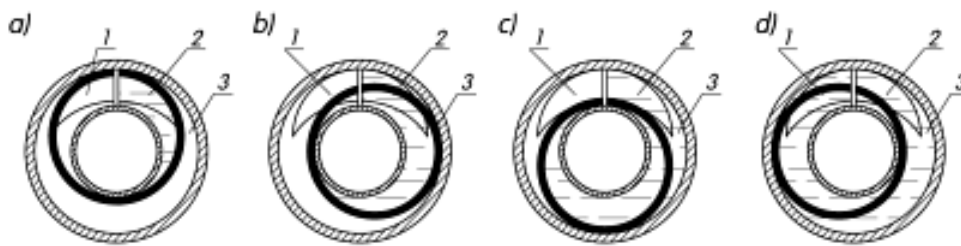


Fig. 3 Principle of operations of oscillating piston flow meters: a)÷d) the steps of movement of the piston, 1 – inlet hole, 2 – outlet hole, 3 – chamber [3]

//Rys.3 Zasada działania licznika puszkowego: a)÷d) fazy ruchu tłoka, 1- otwór wlotowy, 2 – otwór wylotowy, 3 komora robocza [3]

- **Rotary lobe flow meter // licznik rotorowy**

In the rotating lobe flow meters the two oval-concave pistons rotate in opposite directions within housing. Every full turn is equal to the fixed volume of liquid entrapped between the housing and the pistons (4V), which then is transported toward the outlet. The horizontal axes of the pistons are connected together via toothed gear. These devices are insensitive to change of viscosity of the fluid, but are susceptible to contamination. It is used, for the liquids, in the range of from 0,16 · 10⁻⁵ to 0,16 m³/s, at a temperature of 160 ° C and pressure to 3.5 MPa. The measurement error is ± 0.2% to ± 0.5%. In the case of gas meters the range is 20 to 30000 m³/h at 60°C and a pressure of 8 MPa. Typical measurement error does not exceed 2%

//W licznikach rotorowych dwa owalno-wklęsłe tłoki obracają się w przeciwnych kierunkach w obrębie jednej obudowy. Każdy pełny obrót jest równoznaczny z zamknięciem stałej objętości cieczy znajdującej się pomiędzy obudową na tłokami (równej 4V) i następnie przetransportowaniem jej w kierunku wylotu. Poziome osie tłoków są sprzężone ze sobą poprzez przekładnię zębatą. Są to przyrządy nieczułe na zmianę lepkości płynu, ale wrażliwe na zanieczyszczenia. Do pomiaru przepływu cieczy stosuje się je w zakresie od 0,16 · 10⁻⁵ do 0,16 m³/s, przy temperaturze do 160 °C i ciśnieniu do 3,5 MPa. Błąd pomiaru wynosi od ±0,2% do ±0,5%. W przypadku gazomierzy przepustowość wynosi 20÷30000 m³/h przy temperaturze do 60°C i ciśnieniu do 8 MPa. Typowy błąd pomiaru nie przekracza 2% [1, 2].

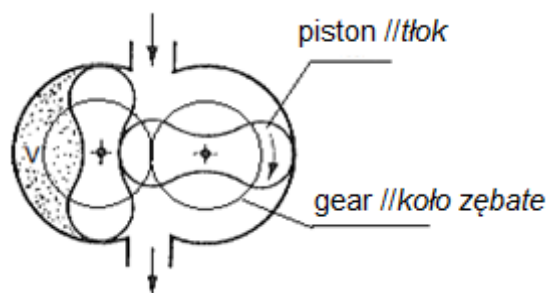


Fig. 4 Rotary lobe flow meter, on the basis of [1]

//Rys. 4 Przepływomierz rotorowy, na podstawie [1]

- **Gear flow meters // przepływomierz zębaty**

Gear flow meters are equipped with two gears which rotate when the fluid flows through them. The two rotors rotate opposite to each other, creating a gap between the housing and the gear, thus with every rotation of gears the fixed volume of fluid is transferred. The piece of magnet is inserted in the gear and the sensor picks up gear rotation, which is proportional to fluid volume and flow rate [4, 5].

//Przepływomierz zębaty posiada dwa koła zębate, które wprawiane są w ruch obrotowy przez przepływający płyn. Obie zębatki poruszają się w przeciwnych kierunkach, tworząc przestrzeń pomiędzy obudową a kołem zębatym, dzięki czemu przenoszą stałą objętość płynu. Wewnątrz koła zębatego umieszczony jest kawałek magnesu, dzięki czemu czujnik wykrywa ruch obrotowy, proporcjonalny do objętości przepływającego płynu i wielkości przepływu [4, 5].

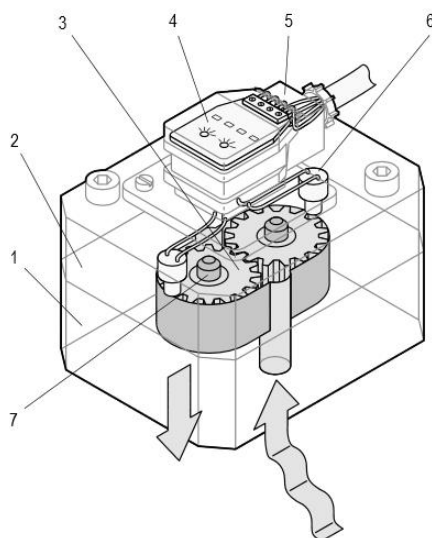


Fig. 5 Gear flow meter, 1 – machine body, 2 – housing, 3 – gears, 4 – preamplifier, 5 – connection, 6 – sensor, 7 – bearing [4]

//Rys. 1 Przepływomierz zębaty, 1 – korpus, 2 – obudowa, 3 – koła zębate, 4 – wzmacniacz wstępny, 5 – przyłącze, 6 – czujnik, 7 – łożysko [4]

- **Drum flow meter // licznik bębnowy**

A drum flow meter consists of a horizontally disposed drum divided into the sections of known volume. The fluid enters the drum via the inlet connection positioned at drum axis. In the case of the drum water counters, the chambers are being filled with a liquid, which changes the center of gravity, allowing the drum to rotate. The liquid flows out through the outlet in the housing. This meter are used in the range of $0,25\div 12\text{ m}^3/\text{h}$ with measurement error $\pm 1\%$.

//Przepływomierz bębnowy składa się z poziomo umieszczonego bębna, podzielonego na komory o znanej objętości. Płyn doprowadzany jest przez króciec umieszczony w osi bębna. W wodomierzach bębnowych, komory bębna napelniają się cieczą co powoduje zmianę położenia środka ciężkości i ruch obrotowy bębna. Ciecz wypływa przez króciec wylotowy w obudowie. Stosuje się je w zakresie $0,25\div 12\text{ m}^3/\text{h}$ przy błędzie do 1% .

The drum gas meter uses a chamber (drum) which is partially filled with liquid (water or oil). The gas to be measured enters at drum axis and, fills one of a section and displaces the liquid allowing the drum to rotate. The surface of liquid provides a barrier to a certain gas volume, closing or opening the gas supply to sections of the drum. Every revolution of the drum is equivalent to the known volume of gas. The measurement range is of $0,3\div 15000\text{ m}^3/\text{h}$ with an accuracy of $\pm 0.2\%$ to $\pm 1\%$ [1, 2].

//Gazomierz bębnowy posiada komorę (bęben) częściowo wypełniony cieczą (wodą lub olejem). Gaz doprowadzony jest w osi urządzenia, wypełnia jedną z komór, co powoduje wyparcie cieczy i obrót bębna. Zwierciadło cieczy stanowi barierę dla pewnej określonej objętości gazu, zamykając lub otwierając dopływ gazu do poszczególnych komór bębna. Każdy obrót bębna odpowiada określonej objętości gazu. Zakres pomiaru wynosi $0,3\div 15000\text{ m}^3/\text{h}$, przy dokładności od $\pm 0,2\%$ do $\pm 1\%$ [1, 2].

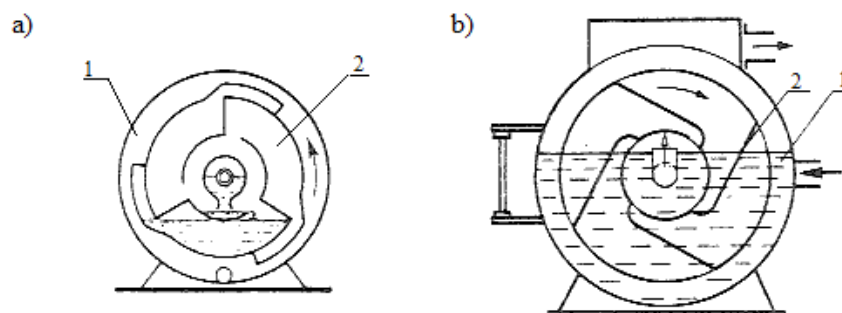


Fig. 6 Drum meters a) water meter b) Crossley's gas meter, 1 – housing, 2 – section, on the basis of [1]

//Rys. 6 Liczniki bębnowe: a) wodomierz b) gazomierz Crossleya, 1 - obudowa, 2 - komora robocza, na podstawie [1]

- **Bellows gas meter // gazomierz miechowy**

Bellows gas meter is the most common type of in residential installations. Within the meter there are two or more chambers formed by diaphragms. The chambers are alternately filled and emptied, using slider camshaft. The whole system is integrated with counter mechanism. The measuring range is $0.05 \sim 100 \text{ m}^3/\text{h}$, with an error of $\pm 1\%$. They can work at a pressure of 5 kPa at temperatures close to room temperature [1, 2].

// Gazomierze miechowe są najczęściej stosowanym typem w gospodarstwach domowych. Wewnątrz urządzenia znajdują się dwie lub więcej komór tworzonych przez membrany. Napędzanie i opróżnianie komór odbywa się naprzemiennie przy wykorzystaniu suwakowego układu rozrzędu. Cały układ zintegrowany jest z liczydłem. Zakres pomiarowy wynosi $0,05 \div 100 \text{ m}^3/\text{h}$, przy błędzie $\pm 1\%$. Mogą pracować przy nadciśnieniu do 5 kPa najlepiej w temperaturach zbliżonych do temperatury otoczenia [1, 2].

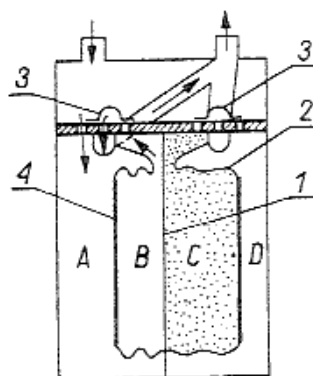


Fig. 7 Double bellows gas meter, where: 1 rigid compartment - 2 - flexible bellow, 3 - slider camshaft, 4 - rigid compartment of diaphragm, A - chamber is filling B - chamber is emptying, C - full chamber, D - empty chamber

//Rys. 7 Gazomierz dwumiechowy, gdzie: 1 – przegroda stała, 2 – elastyczny miech, 3 – układ rozrządczy, 4 – sztywna ściana miecha, A – komora napędzania, B – opróżniana, C – napędzona, D – pusta [1]

- **Rotary vane flow meter // licznik łopatkowy**

Rotary vane flow meter is used to measure the volume of liquid. The liquid under the influence of the pressure difference at the inlet and outlet, pushes against the protruding part of the rotor blades and causes it to rotate. The rotor via a gear drives a counting mechanism. The meter has accuracy is $\pm 1\%$ [1].

// Licznik ten służy do pomiaru objętości cieczy. Ciecz pod wpływem różnicy ciśnień na wlocie i wylocie napiera na wysuniętą część łopatki wirnika i powoduje jego obrót. Wirnik poprzez przekładnię zębatą napędza mechanizm liczący. Dokładność liczników łopatkowych wynosi $\pm 1\%$ [1].

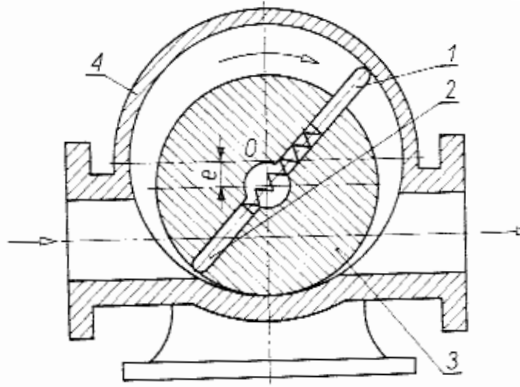


Fig. 8 Rotary vane flow meter, where: 1 – blades, 2 – rotor, 3 – housing [1]

//Rys. 8 Licznik łopatkowy, gdzie: 1, 2 – łopatki, 3 – wirnik, 4 – obudowa [1]

d) Rotor flow counters // Liczniki wirnikowe

The principle of operation follows that, the rotations of the rotors are proportional to the flow of the fluid. These flow meters are the most accurate instruments. There are three main types of rotor flow meters, depending on the design of the rotor: paddle wheel, screw and turbine flow meters.

// Zasada pomiaru wynika z proporcjonalności liczby obrotów wirującego elementu pomiarowego do ilości przepływającego płynu. Są to jedne z najdokładniejszych przyrządów do pomiaru ilości przepływającego płynu. W zależności od konstrukcji wirnika wyróżnia się liczniki skrzydełkowe, śrubowe i turbinowe [1, 2].

- **Paddle wheel flow meters //licznik skrzydełkowy**

In this type of flow meters, the rotor with odd vanes is placed perpendicular to the flow path. It is typical household flow meter. The sensor in housing is used to detect the proximity of micromagnets imbedded in each of the passing paddle wheel blades. They are used in the range of $3 \div 150 \text{ m}^3/\text{h}$ with a measuring error about 2%. Disadvantage of this design is loss of accuracy at low flows.

//W tego typu przepływomierzach wirnik, z nieparzystą liczbą skrzydełek, umieszczony jest prostopadle do przepływu. Czujnik umieszczony w obudowie wykrywa bliskość mikromagnesów umieszczonych w każdej z obracających się łopatek. Wodomierze skrzydełkowe wykorzystywane są w zakresie $3 \div 150 \text{ m}^3/\text{h}$ przy błędzie pomiaru ok. 2%. Główną wadą tych urządzeń jest spadek dokładności przy niskich przepływach [1,2].

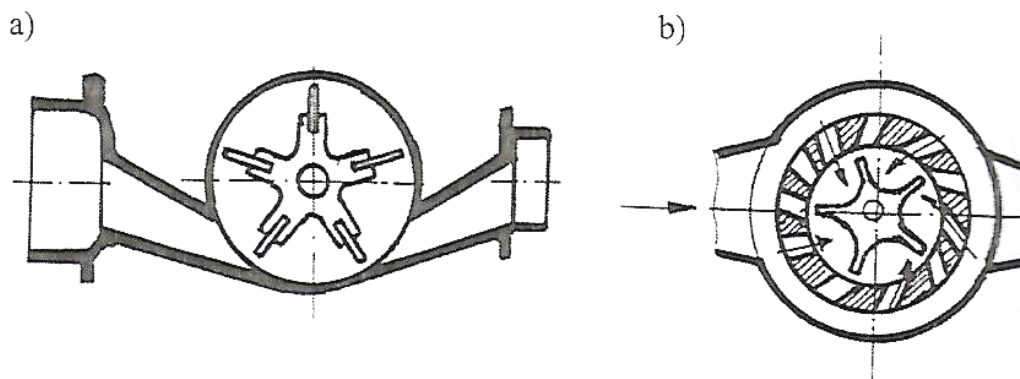


Fig. 9 Paddle wheel flow meters a) single - stream, b) multi - stream

//Rys. 2 Licznik skrzydełkowy: a) jednostrumieniowy, b) wielostrumieniowy [2]

- **Screw flow meters // Liczniki śrubowe**

The rotor has the form of multi-threaded screw. The movement of the rotor is transferred to the counting mechanism using a worm gear or magnetic clutch. Screw counters are used to measure large fluid flows, even more than $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ with an error of $\pm 2\%$. These counters are used, among others, to measure water consumption at the distribution stage. Their measuring ranges allow the detection of leakage in the water distribution network [2].

// Wirnik liczników śrubowych ma postać śruby wielozwojnej. Ruch wirnika przenoszony jest do liczydła przy pomocy przekładni ślimakowej lub sprzęgła magnetycznego. Liczniki śrubowe stosuje się do pomiaru dużych przepływów, nawet ponad $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ przy błędzie pomiaru $\pm 2\%$. Liczniki śrubowe stosowane są m.in. do pomiarów zużycia wody na etapie dystrybucji. Zakresy pomiarowe tych urządzeń pozwalają na lokalizację wycieków z sieci wodociągowej [2].

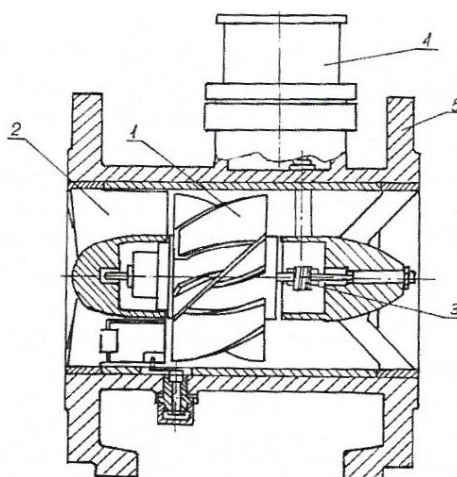


Fig. 10 Screw counter: 1 – rotor, 2 – guide vanes, 3 – worm gear, 4 – counting mechanism, 5 – housing

//Rys.10 Licznik śrubowy: 1- wirnik, 2 – kierownica strumienia, 3 – przekładnia ślimakowa, 4 – układ zliczający, 5 – obudowa [2]

- **Turbine meter //Licznik turbinowy**

In this flow meter a turbine wheel is placed concentrically in a pipe. The fluid, flowing through the turbine, forces a rotation at a speed proportional to the fluid flow rate. A magnet is mounted to the turbine wheel, and outside there is an inductor. As each rotor blade passes through the magnetic field, a pulse is generated. The frequency of the signal is proportional to the flow rate. The turbine meters are used to measure the volume flow at speeds up to 50 m/s for gases and up to 10 m/s for the liquids. They can be applied from cryogenic temperatures to 600 °C and in pressure at the level of several tens of MPa.

//Licznik turbinowy posiada turbinę osiową, zamontowaną współosiowo z rurociągiem. Przepływ płynu wymusza obrót turbiny z prędkością proporcjonalną do strumienia płynu. Turbina wyposażona jest w magnes, a na zewnątrz znajduje się cewka indukcyjna. Z każdym obrotem, łopaty wirnika przechodzą przez pole magnetyczne, generując impuls. Częstotliwość sygnału jest proporcjonalna do strumienia płynu przepływającego przez turbinę. Liczniki turbinowe są stosowane do pomiaru strumienia objętości przy prędkościach do 50 m/s dla gazów i do 10 m/s dla cieczy. Mogą być stosowane od temperatur kriogenicznych do 600 °C oraz przy ciśnieniu rzędu kilkudziesięciu MPa [2].

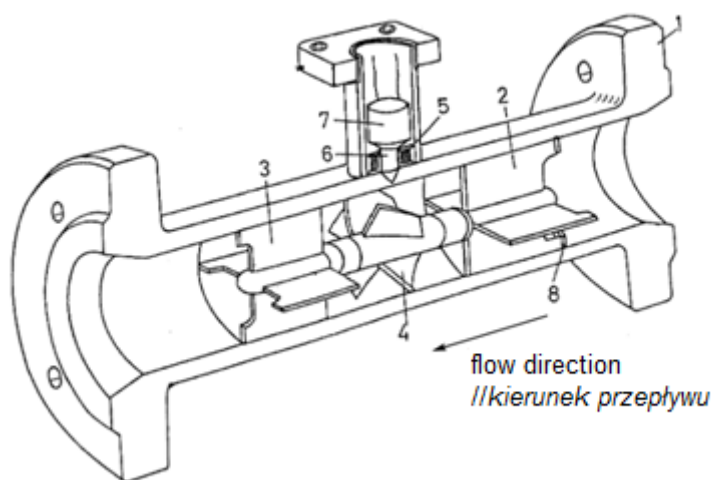




Fig. 11 Turbine flow meter, 1 – housing, 2 – front rotor support, 3 – rear rotor support, 4 – rotor, 5 – inductor, 6 – core, 7 – magnet, 8 – pressure ring


//Rys. 11 Przepływomierz turbinowy, 1 – korpus, 2 – przedni wspornik wirnika, 3 – tylny wspornik wirnika, 4 – turbina, 5 – cewka, 6 – rdzeń cewki, 7 – magnes, 8 – pierścień dociskowy [4]

THE EXAMPLES OF FLOW METERS AVAILABLE ON THE MARKET

//PRZYKŁADY PRZEPLYWOMIERZY ZLICZAJĄCYCH DOSTĘPNYCH NA RYNKU [5, 6]

<p>Rotary vane flow meter DPT</p> <p><i>//Przepływomierz łopatkowy DPT</i></p>	
Measuring range <i>//Zakres pomiarowy</i>	Depending on the model 5 ÷ 1900 l/min for the liquid and 10 to 2800 l/min for the gases <i>//w zależności od modelu od 5 ÷ 1900 l/min dla cieczy i 10 ÷ 2800 l/min dla gazów</i>
Medium <i>//medium</i>	Liquids, air <i>//ciecze, powietrze</i>
Viscosity of medium <i>//Lepkość medium</i>	Low <i>//niska</i>
Accuracy <i>//Dokładność</i>	± 3%
Allowable pressure <i>//Dopuszczalne ciśnienie</i>	40 bar
Temperature of medium <i>//Temperatura medium</i>	max. 80 °C
Output Signal <i>//Sygnał wyjściowy</i>	compact electronics <i>//elektronika kompaktowa</i>

<p>Oval-gear flow meter for viscous liquids OVZ-AF</p> <p><i>//Przepływomierz owalno-kołowy (zębaty) do cieczy lepkich OVZ-AF</i></p>	
Measuring range <i>//Zakres pomiarowy</i>	Depending on the model and viscosity 0,3 – 8 to 1,6 – 40 l/min <i>//w zależności od modelu i lepkości od 0,3 – 8 do 1,6 – 40 l/min</i>
Medium <i>//medium</i>	Viscous liquids <i>//ciecze lepkie</i>
Viscosity of medium <i>//Lepkość medium</i>	10 ÷ 800 mm ² /s
Accuracy <i>//Dokładność</i>	± 2,5%
Allowable pressure <i>//Dopuszczalne ciśnienie</i>	40 bar
Temperature of medium <i>//Temperatura medium</i>	max. 80 °C
Output Signal <i>//Sygnał wyjściowy</i>	frequency signal <i>//częstotliwościowy</i>

Turbine flow meter TUR-F <i>//Przepływomierz turbinowy TUR-F</i>	
Measuring range <i>//Zakres pomiarowy</i>	Depending on the model 0,2 – 100 m ³ /h <i>//w zależności od modelu 0,2 – 100 m³/h</i>
Medium <i>//medium</i>	acids, alkalis, aggressive media <i>//kwasy, ługi, media agresywne</i>
Viscosity of medium <i>//Lepkość medium</i>	Low <i>//niska</i>
Accuracy <i>//Dokładność</i>	± 1%
Allowable pressure <i>//Dopuszczalne ciśnienie</i>	10 bar
Temperature of medium <i>//Temperatura medium</i>	max. 60 ÷ 70°C
Output Signal <i>//Sygnał wyjściowy</i>	frequency signal <i>//częstotliwościowy</i>

GENERAL RULES FOR FLOW METERS INSTALLATION

//GŁÓWNE ZASADY MONTAŻU PRZEPŁYWOMIERZY

1. Each meter must be in a “readily accessible location” for reading, maintenance, and replacement *//każdy licznik powinien znajdować się w miejscu łatwodostępnym dla odczytu jego wskazań, konserwacji i wymiany,*
2. The meter should be protected against access by third persons *// Licznik powinien być zabezpieczony przed dostępem osób niepowołanych,*
3. Correct direction of flow is indicated on the flow meter body *// Właściwy kierunek przepływu oznaczony jest na obudowie przepływomierza,*
4. Prior to water meter installation, the pipeline should be thoroughly flushed.
//Przed zainstalowaniem wodomierzy mieszkaniowych rurociąg powinien być przepłukany,
5. The flow meter must be installed in a place which provides protection from corrosion *//Przepływomierz musi być zainstalowany w miejscu zapewniającą ochronę antykorozyjną*
6. The gas meter cannot be installed near the electric meter, open flame and in places at risk of corrosion *// Gazomierze nie mogą być instalowane wspólnie z licznikami energii elektrycznej, w pobliżu otwartego ognia i w miejscach, w których występuje zagrożenie korozyjne.*

- [1] Fodemski T., Deka A., Pomiary cieplne cz. 1. Podstawowe pomiary cieplne. WNT, Warszawa 2000.
- [2] Górski J., Baran J, Gniewek-Grzybczyk B., Energetyka Ciepła. Poradnik. wyd. Tarbonus, Warszawa 2008.
- [3] Dąbrowski A., Podstawy techniki w przemyśle spożywczym. WSiP, Warszawa 1999.
- [4] Materiały informacyjne firmy KRACHT
- [5] www.casp.pl
- [6] Materiały informacyjne firmy KOBOLD