

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **225951**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **410389**

(51) Int.Cl.

**G01L 7/00 (2006.01)**

**G01M 3/26 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **04.12.2014**

---

(54) **Sposób i urządzenie do pomiaru małych wartości ciśnienia hydrostatycznego**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**06.06.2016 BUP 12/16**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.06.2017 WUP 06/17**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,  
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**KRZYSZTOF BRODA, Kraków, PL  
WIKTOR FILIPEK, Giebułtów, PL**

---

**PL 225951 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do pomiaru małych wartości ciśnienia hydrostatycznego. Wynalazek przeznaczony jest szczególnie do pomiaru małych różnic i zmian ciśnienia hydrostatycznego występujących w geologii i górnictwie.

Z opisu patentowego PL 407 381 A1 znany jest sposób i układ do pomiaru małej różnicy ciśnień hydrostatycznych. Sposób oparty jest na pomiarze ciśnienia gazu w naczyniu przetwarzającym. Co najmniej dwa naczynia przetwarzające, o zbliżonej konstrukcji, przed rozpoczęciem pomiaru napełnia się cieczą do około połowy wysokości, wyrównuje się ciśnienia gazu ponad zwierciadłem swobodnym cieczy w tych naczyniach. Następnie odcina się bezpośrednie połączenie górnych części naczyń, łączy się dolne przestrzenie naczyń z punktami pomiaru różnicy ciśnień hydrostatycznych. Mierzy się różnicę ciśnienia gazu pomiędzy górnymi przestrzeniami tych naczyń a wynik przelicza się na różnicę ciśnienia hydrostatycznego.

Układ ma naczynie przetwarzające w kształcie zamkniętego płaskiego pojemnika przedzielonego szczelną przegrodą, na co najmniej dwie wydzielone części. Do dolnych przestrzeni wewnętrznych tych części doprowadzone są przewody przyłączeniowe z punktów pomiaru, natomiast górne przestrzenie wewnętrzne połączone są ze sobą przewodem, na którym zamontowane są równolegle zawór odcinający oraz manometr różnicowy. Układ ma ponadto czujniki mierników temperatury gazu i cieczy oraz czujniki do pomiaru wilgotności gazu. W każdym naczyniu przetwarzającym zamontowany jest czujnik położenia zwierciadła swobodnego cieczy.

Sposób pomiaru, według wynalazku, polega na tym, że analizuje się obraz powstały na ekranie po przepuszczeniu wiązki promieni monochromatycznych przez powierzchnię swobodną rozdziału faz: płyn – płyn pomocniczy – płyn. Powierzchnia ta na granicach nie mieszających się płynów tworzy bąbel. Bąbel usytuowany jest we wnętrzu rurki pomiarowej i ma cechy membrany separującej. Bąbel musi obejmować cały przekrój rurki pomiarowej.

Korzystnym jest, gdy obraz tworzy się za pomocą lasera.

Urządzenie, według wynalazku, ma dwa zbiorniki o takich samych powierzchniach wewnętrznych, połączone ze sobą przezroczystą rurką pomiarową oraz rurką zerującą z zaworem. Do dna każdego z tych zbiorników dołączone są przewody doprowadzające płyny do punktów pomiarowych, a zbiorniki i rurki są napełnione płynami do wysokości powyżej otworów przyłączeniowych rurki pomiarowej oraz rurki zerującej. W rurce pomiarowej pomiędzy tymi płynami umieszczony jest bąbel płynu pomocniczego, nie mieszającego się z nimi. Ponadto urządzenie wyposażone jest w laser kierujący wiązkę poprzez bąbel, na ekran przyjmujący obraz oraz w układ odczytujący i/lub rejestrujący ten obraz. Obraz ten odwzorowuje mierzoną różnicę ciśnień, a jego interpretacja jest wspomagana komputerowo.

Korzystnie jest, gdy kierunek wiązki lasera i położenie ekranu względem rurki pomiarowej jest nastawialne.

Dzięki zastosowanej konstrukcji można mierzyć różnicę ciśnień z rozdzielczością 0,01 Pa lub mniejszą w zależności od przyjętego modelu rejestracji i numerycznej obróbki otrzymanego obrazu jedno, dwu lub trójwymiarowego.

Wynalazek przedstawiono na przykładzie rozwiązania, które schematycznie pokazano na rysunku.

Urządzenie do pomiaru małych wartości ciśnienia hydrostatycznego składa się z dwóch otwartych zbiorników 1 o takich samych powierzchniach wewnętrznych. Zbiorniki połączone są ze sobą przezroczystą rurką pomiarową 2 oraz rurką zerującą, z zaworem 9 odcinającym. Rurka pomiarowa umieszczona jest powyżej rurki zerującej. Do dna każdego z tych zbiorników dołączone są za pomocą przyłączy 3 przewody doprowadzające płyny do punktów pomiarowych. Zbiorniki i rurki są napełnione płynami do wysokości powyżej otworów przyłączeniowych rurki pomiarowej oraz rurki zerującej. W rurce pomiarowej pomiędzy tymi płynami umieszczony jest bąbel 4 powietrza, nie mieszającego się z nimi. Ponadto urządzenie wyposażone jest w laser 5, umieszczony powyżej rurki pomiarowej i kierujący wiązkę poprzez bąbel, na ekran 6 przyjmujący obraz. Ponadto nad rurką pomiarową znajduje się kamera 7 stanowiąca układ odczytujący i rejestrujący obraz tworzący się na ekranie, a odwzorowujący mierzoną różnicę ciśnień. Obraz z kamery jest obrabiany i interpretowany specjalnym programem komputerowym. Zarówno laser, jak i kamera są ruchome.

W przykładowym rozwiązaniu użyta została rurka szklana o średnicy wewnętrznej 5 mm, jako płyn w rurkach łączących urządzenie z punktami pomiaru ciśnienia użyto cieczy – wody destylowanej,

a jako płyn pomocniczy tworzący bąbel, wprowadzono gaz. Bąbel ma cechy membrany separującej i obejmuje cały przekrój rurki pomiarowej. Powoduje powstanie powierzchni swobodnej rozdziału faz między bąblem a płynami w obwodach, których ciśnienie jest porównywane. Na zewnątrz rurki pomiarowej 2 umieszczono laser 5, którego wiązka światła pada na powierzchnię swobodną rozdziału faz 4. Sposób zamontowania lasera pozwala regulować jego położenie tak, iż można skierować wiązkę lasera na dowolny punkt na obwodzie rurki pomiarowej 2, pod dowolnym kątem w przestrzeni. Ekran 6 usytuowany jest pomiędzy rurką pomiarową 2, a rurką zerującą z zaworem 9.

Proces przygotowania stanowiska pomiarowego rozpoczyna się od wypoziomowania stanowiska i napełnienia dwóch zbiorników 1 wodą destylowaną, lub inną cieczą, do wysokości powyżej otworów przyłączeniowych rurek. Następnie, poprzez odpowiednie ustawienie zaworów rurki pomiarowej 8 po obu stronach rurki pomiarowej oraz zaworu zerującego 9 ustawia się wewnątrz szklanej rurki pomiarowej, w pobliżu środka rurki 2, bąbel płynu 4 w położeniu umożliwiającym dokonanie pomiarów. Po ustawieniu w odpowiednim położeniu wewnątrz rurki szklanej powierzchni rozdziału faz, czyli bąbla, zamyka się zawory 8 rurki pomiarowej 2, a następnie otwiera zawór rurki zerującej 9 i czeka aż poziomy powierzchni swobodnej w naczyniach 1 wyrównają się. Następnie otwiera się zawory 8 rurki pomiarowej oraz zamyka zawór zerujący 9. Od tej chwili przyrząd jest gotowy do pracy. Po doprowadzeniu płynu przyłączami 3 do punktów pomiaru mierzonej różnicy ciśnień przystępuje się do rejestracji obrazu wiązki promieni lasera 5 przechodzącej przez badaną powierzchnię rozdziału faz płyn-płyn, czyli powierzchnię bąbla 4. Powierzchnia bąbla zmienia się w miarę zmian mierzonego ciśnienia.

Wiązka lasera po przejściu przez badaną strukturę tworzy obraz na ekranie 6, który następnie jest rejestrowany przez kamerę 7. Kamera, podobnie jak laser ma położenie ruchome, nastawialne względem rurki pomiarowej i ekranu. Po przepuszczeniu promienia laserowego wiązki promieni monochromatycznych przez powierzchnię swobodną rozdziału faz, w tym przykładzie powierzchnię pomiędzy bąblem gazowym a cieczą w rurce pomiarowej po obu stronach bąbla, na ekranie powstaje obraz. Wiązka promieni lasera 5 zanim dotrze do ekranu musi przejść przez powierzchnie rozdziału faz. Ilość przejść zależy od ustawienia kierunku wiązki lasera. Przy odpowiednim ustawieniu lasera zmiana obrazu powierzchni swobodnej rozdziału faz może przemieszczać się wzdłuż prostej w modelu jednowymiarowym, krzywej w modelu dwuwymiarowym lub tworzyć strukturę przestrzenną. Obraz ten jest odczytywany przez kamerę i przesyłany do analizy cyfrowej wspomaganej komputerowo.

## Zastrzeżenia patentowe

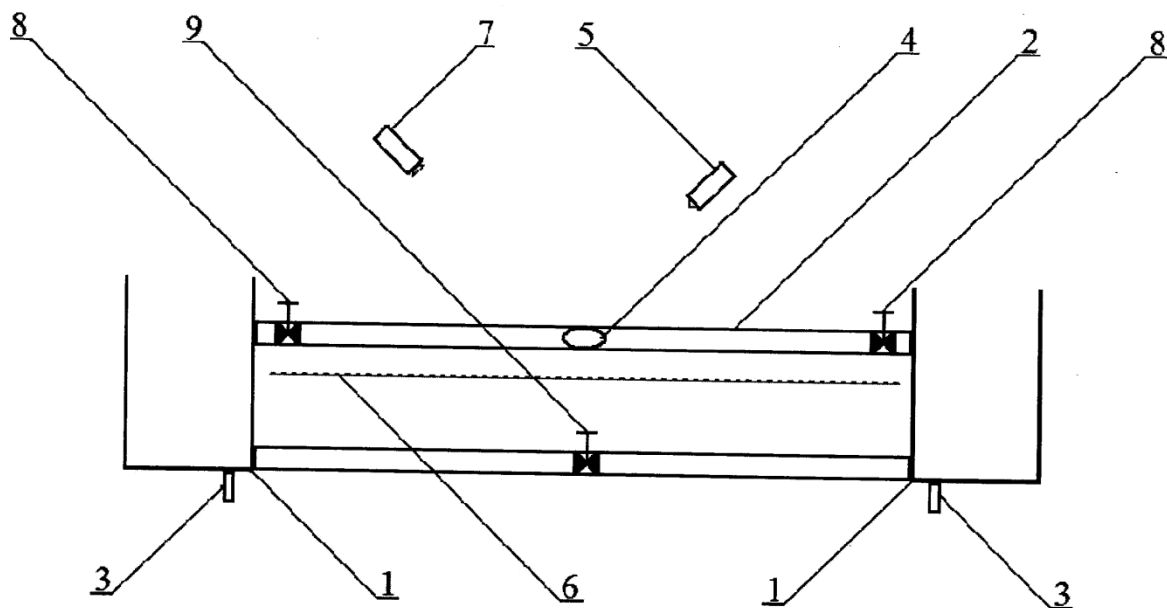
1. Sposób pomiaru małych wartości ciśnienia hydrostatycznego, **znamienny tym**, że analizuje się obraz powstały na ekranie (6) po przepuszczeniu wiązki promieni monochromatycznych przez powierzchnię swobodną rozdziału faz płyn-płyn pomocniczy-płyn tworzącą, przez dwa nie mieszające się płyny, bąbel (4) we wnętrzu rurki pomiarowej (2), który to bąbel ma cechy membrany separującej i obejmuje cały przekrój tej rurki.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obraz tworzy się za pomocą lasera (5).

3. Urządzenie do pomiaru małych wartości ciśnienia hydrostatycznego, **znamiennie tym**, że ma dwa zbiorniki (1) o takich samych powierzchniach wewnętrznych, połączone ze sobą przezroczystą rurką pomiarową (2) oraz rurką zerującą z zaworem (9), natomiast do dna każdego z tych zbiorników dołączone są przewody doprowadzające płyny do punktów pomiarowych, przy czym zbiorniki i rurki są napełnione płynami do wysokości powyżej otworów przyłączeniowych rurki pomiarowej oraz rurki zerującej, a w rurce pomiarowej pomiędzy tymi płynami umieszczony jest bąbel (4) płynu pomocniczego, niemieszającego się z nimi, ponadto urządzenie wyposażone jest w laser (5) kierujący wiązkę poprzez bąbel, na ekran (6) przyjmujący obraz i ponadto ma układ (7) odczytujący i/lub rejestrujący ten obraz, odwzorowujący mierzoną różnicę ciśnień.

4. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że kierunek wiązki lasera i położenie ekranu względem rurki pomiarowej jest nastawialne.

## Rysunek



## Wykaz oznaczeń

1. Zbiornik
2. Rurka pomiarowa
3. Przyłącza mierzonej różnicy ciśnień
4. Bąbel płynu pomocniczego – rozdział faz
5. Laser
6. Ekran
7. Kamera
8. Zawory rurki pomiarowej
9. Rurka zerująca z zaworem