

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **235120**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **426307**

(22) Data zgłoszenia: **11.07.2018**

(51) Int. Cl.

G01C 9/06 (2006.01)

G01C 9/14 (2006.01)

(54)

Inklinometr optoelektroniczny

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.01.2020 BUP 02/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

01.06.2020 WUP 06/20

(73) Uprawniony z patentu:

**UNIWERSYTET PRZYRODNICZY
WE WROCŁAWIU, Wrocław, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PIOTR GOŁUCH, Wrocław, PL
JANUSZ KUCHMISTER, Wrocław, PL
KAZIMIERZ ĆMIELEWSKI, Wrocław, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Kasperowicz

PL 235120 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest inklinometr optoelektroniczny służący do wyznaczania zmian wychyleń od pionu obiektów inżynierskich.

Wydłużone w kierunku pionowym obiekty inżynierskie, a zwłaszcza zapory wodne, kominy, itp., wskutek procesów fizycznych wywołanych przez czynniki eksploatacyjne i środowiskowe (np. nasłonecznienie, oddziaływanie wiatru, deszczu, różnice dobowe lub roczne zmian temperatur, warunki hydrologiczne oraz geotechniczne, a w przypadku zapór wodnych również poziom piętrzenia wody w zbiorniku) ulegają statycznym i dynamicznym obciążeniom. Efektem tych obciążeń jest występowanie sprężystych lub trwałych odkształceń i przemieszczeń konstrukcji budowli inżynierskich. Współczesny nadzór geodezyjny na etapach powstawania, diagnozowania i prognozowania występujących na badanych obiektach deformacji, odkształceń i przemieszczeń korzysta z najnowszych osiągnięć z zakresu mechaniki precyzyjnej i optoelektroniki.

Współczesna geodezja inżynierska i fotogrametria cyfrowa są ściśle powiązane z zautomatyzowanymi technologiami pomiarowymi, ukierunkowanymi na obserwacje w czasie rzeczywistym. Podstawowymi metodami kontrolno-pomiarowymi na wysokich obiektach inżynierskich, a zwłaszcza zaporach wodnych, są metody pionowania za pomocą wahadeł fizycznych. Opisany w publikacji W. Kłopotnińskiego: „Geodezja w projektowaniu elektrowni wodnych”, PPWK, Warszawa 1962 r., str. 191, pion mechaniczny jako drut posiada obciążnik z czterema skrzydełkami w kształcie prostokątów usytuowanych na jego obwodzie. Obciążnik zanurzony jest w zbiorniku o kształcie walca, który wypełniony jest olejem. Za pomocą pionu mierzone są przesunięcia punktu zawieszenia względem stolików odczytowych zlokalizowanych na kolejnych poziomach obserwacyjnych zapory wodnej. Pozwala to na określenie wychyleń sekcji zapory wodnej (najczęściej betonowej) na wysokości poszczególnych galerii.

W opisie patentu PL 210419 podano urządzenie laserowe do pomiaru przemieszczeń drutu wahadła. Składa się ono z laserowego źródła światła, elementu odbijającego w postaci wirującego lustra lub pryzmatu, dwóch detektorów znaczników i dwóch detektorów odbiorczych, zamkniętych we wspólnej obudowie. Wyemitowana przez laserowe źródło światła wiązka odbija się od wirującego lustra lub pryzmatu i pada na detektory znaczników, które generują impulsy elektryczne. Natomiast wiązka odbita od drutu wahadła pada na detektory odbiorcze, które również wzbudzają impulsy elektryczne. Różnice czasowe w odbiorze impulsów elektrycznych generowanych przez detektory znaczników i detektory odbiorcze są funkcją kątowych przemieszczeń drutu wahadła. Urządzenie jest instalowane na obiekcie w taki sposób, aby drut wahadła znajdował się między dwiema prostymi przecinającymi się w osi obrotu elementy odbijającego i przechodzącymi przez pierwszy i drugi detektor znaczników.

Ponadto znany jest z opisu patentu PL 183400 sposób oraz urządzenie do ciągłego optoelektronicznego pomiaru wychyleń budowli i konstrukcji inżynierskich. We wspomnianym sposobie wiązkę monochromatycznego światła przepuszcza się jednokrotnie z góry w dół poprzez klin cieczowy bezpośrednio na fotodetektor i mierzy w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach przemieszczenie na fotodetektorze plamki świetlnej. Wielkość i kierunek tego przemieszczenia oraz kąt nachylenia klina cieczowego są funkcją kąta wychylenia badanego obiektu. Natomiast we wspomnianym urządzeniu między zespołem nadawczym, złożonym ze źródła monochromatycznego światła i układu kolimacyjnego, a fotodetektorem, złożonym z czterech aktywnych segmentów, jest umieszczona kuweta z szybką płaskorównoległą i warstwą cieczy o znanym współczynniku załamania światła i dekremencie tłumienia drgań.

Znane jest również z opisu patentu PL 207151 urządzenie z wahadłem dwuosowym do pomiaru zmian nachylenia w pionie. Posiada ono przesłonę w postaci okrągłej tarczy z nieprzezroczystego materiału zamocowanej na cięgnie wahadła tak, że cięgno przechodzi przez środek geometryczny przesłony, która współpracuje z obejmą usytuowaną w płaszczyźnie poziomej i wyposażoną w układ czterech detektorów fotoelektrycznych i czterech żarówek z żarnikami liniowymi. Detektory i żarówki są rozmieszczone parami wzdłuż osi prostopadłych wahadła, tzn. dwie pary wzdłuż osi X i dwie wzdłuż osi Y. W ramach każdej pary detektor współpracuje z żarówką.

Problemem wskazanego stanu techniki jest, że konstrukcja tych urządzeń pozwala na pomiary przy dużych wysokościach obiektów, ale bez możliwości automatycznej rejestracji wyników pomiarów. Z kolei metody oparte o wiązkę światła, w tym laserowego, pozwalają na automatyczną

rejestrację wyników, natomiast mają ograniczony zakres i dokładność pomiarów, z uwagi na panujące warunki środowiskowe w szybie pomiarowym, zwłaszcza gradient temperatury, ciśnienie, wilgotność powietrza, turbulencje.

Dlatego nieoczekiwanie okazało się, że wprowadzenie do układu pomiarowego wykorzystującego wahadło mechaniczne metody fotogrametrycznej, pozwala na wyeliminowanie wpływu czynników środowiskowych, przy jednoczesnej możliwości automatycznej rejestracji i transmisji wyników pomiarów.

Znana jest metoda opracowania obrazów, pozyskanych za pomocą kamer metrycznych i niemetrycznych. Opisana w publikacji J. Butowtta i R. Kaczyńskiego: „Fotogrametria”, WAT, Warszawa 2003, str. 23÷39, metoda przetwarzania zdjęć o dowolnym kącie nachylenia względem przyjętej płaszczyzny odniesienia, realizowana jest z wykorzystaniem znanych i stosowanych w fotogrametrii zasad geometrii rzutowej. Metoda płaskich przekształceń rzutowych bazuje na przekształceniu płaszczyzny w płaszczyznę z wykorzystaniem co najmniej czterech odpowiadających sobie punktów homologicznych, przy założeniu, że żadne trzy punkty spośród tych czterech nie leżą na jednej prostej. Ta metoda przetwarzania pozwala wyeliminować zniekształcenia perspektywiczne, wynikające z nierównoległości wzajemnej płaszczyzn podlegających opracowaniu. W publikacji tej (na str. 126÷130) opisane są również znane i stosowane w fotogrametrii procedury kalibracji kamer.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia, które bez straty dokładności pomiaru na długich odcinkach pomiarowych, będzie w sposób automatyczny rejestrowało zmiany pionowego wychylenia obiektu, i przekazywało do dowolnego punktu zarejestrowane obrazy.

Istotą inklinometru jest to, że na cięgnie pionu mechanicznego, znajduje się połączona z tym cięgnem tarcza z sygnałami kontrolowanymi, przy czym jeśli liczba sygnałów kontrolowanych wynosi k to ilość sygnałów kontrolowanych, które nie mogą leżeć na jednej prostej wynosi $k-1$. Inklinometr posiada ramę odniesienia i połączone z nią co najmniej cztery sygnały odniesienia, które są osadzone w jednej płaszczyźnie XY , w lokalnym kartezjańskim układzie współrzędnych XYZ , przy czym jeśli liczba sygnałów odniesienia wynosi m to ilość sygnałów odniesienia, które nie mogą leżeć na jednej prostej wynosi $m-1$. Do ramy odniesienia przymocowany jest wysięgnik z kamerą elektroniczną, zwróconą w stronę sygnałów odniesienia i połączoną z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych.

Korzystnie jest, gdy cięgnem pionu mechanicznego jest linka albo drut.

Korzystnie także jest, gdy sygnały kontrolowane mają postać koncentrycznych okręgów albo koła albo krzyża znaku kodowanego albo kulki.

Korzystnie również jest, gdy tarcza jest sprzęgnięta z cięgnem pionu mechanicznego za pomocą tulei sprzęgającej, osadzonej w tarczy.

Korzystnie także jest, gdy sygnały odniesienia mają postać koncentrycznych okręgów albo koła albo krzyża znaku kodowanego albo kulki.

Korzystnie również jest, gdy rama odniesienia posiada boczne otwory wzdłużne mocujące, zwłaszcza dwa boczne otwory.

Korzystnie także jest, gdy kamera elektroniczna połączona jest przewodem transmisyjnym z sygnałem centralnej rejestracji i przetwarzania danych.

Korzystnie również jest, gdy kamera elektroniczna połączona jest bezprzewodowo z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych.

Korzystnie także jest, gdy system centralnej rejestracji i przetwarzania danych jest przenośnym mikrokomputerem.

Korzystnie również jest, gdy rama odniesienia z wysięgnikiem i kamerą elektroniczną oraz tarczą z sygnałami kontrolowanymi jest elementem wielokrotnie powielonym i zamocowanym w poziomach obserwacyjnych pionowego szybu pomiarowego.

Korzystnie także jest, gdy składa się z co najmniej dwóch układów pomiarowych podłączonych do jednego systemu centralnej rejestracji i przetwarzania danych.

Korzystnie również jest, gdy tarcza jest elementem płaskim i ma postać koła albo wieloboku.

Dodatkowo korzystnie jest, gdy tarcza ma postać ażurową.

Inklinometr optoelektroniczny z ekranem według wynalazku charakteryzuje się niewielkimi gabarytami, jest łatwy w obsłudze, umożliwia wykonywanie pomiarów zarówno stacjonarnych jak i telemetrycznych z miejsc o utrudnionym dostępie. Inklinometr wielopunktowy według wynalazku

pozwała zminimalizować wpływ oddziaływania warunków środowiskowych na prowadzone obserwacje. Pomiar jest również możliwy w przypadku zmian długości cięga pionu mechanicznego na skutek występowania różnic temperatur w pionowym szybie pomiarowym.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest w przykładzie wykonania na rysunku, na którym: fig. 1 – przedstawia inklinometr wielopunktowy w rzucie aksonometrycznym w pozycji wyjściowej pomiarowej, fig. 2 – przedstawia inklinometr w rzucie aksonometrycznym w pozycji aktualnej pomiarowej, fig. 3 – przedstawia inklinometr w rzucie poziomym w pozycji wyjściowej pomiarowej, fig. 4 – przedstawia inklinometr w rzucie poziomym w pozycji aktualnej pomiarowej i w odniesieniu do pozycji wyjściowej pomiarowej, fig. 5 – przedstawia powiązanie inklinometrów w łańcuch pomiarowy w rzucie pionowym w pozycji wyjściowej pomiarowej, natomiast fig. 6 – przedstawia powiązanie inklinometrów w łańcuch pomiarowy w rzucie pionowym w pozycji aktualnej pomiarowej.

P r z y k ł a d 1. Ciężno **3** pionu mechanicznego, które jest drutem, przytwierdzone jest górnym końcem za pomocą kotwy **2** do stropu **1** pionowego szybu pomiarowego **15** zapory wodnej, natomiast dolny koniec przymocowany jest do obciążnika **12**, za pomocą uchwyty **13**. Obciążnik **12** zanurzony jest w cieczy **11**, znajdującej się w pojemniku **10**, który ustawiony jest na dnie **14** szybu pomiarowego **15**. Rama odniesienia **4** przytwierdzona jest do ściany **22** szybu pomiarowego **15** zapory wodnej, za pomocą śrub mocujących **17**, poprzez otwory wzdłużne **18**, z użyciem nakrętek ustalających **19**. Do ramy odniesienia **4** przytwierdzony jest wysięgnik **5**, na którego końcu osadzona jest kamera elektroniczna **6**. Kamera elektroniczna **6** połączona jest przewodem transmisyjnym **20** z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych (CRPD) **21**. Na ekranie odniesienia **4** znajdują się cztery sygnały odniesienia **7**, które leżą w jednej płaszczyźnie **XZ** lokalnego zewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych **XYZ** ramy odniesienia **4**, przy czym żadne trzy sygnały odniesienia **7** spośród czterech nie leżą na jednej prostej. W obszarze wyznaczonym przez wszystkie sygnały odniesienia **7** znajduje się tarcza **8**, która połączona jest z drutem ciężka pionu mechanicznego **3** poprzez tuleję sprzęgającą **16**, w punkcie **A₀**. Tarcza **8** posiada cztery sygnały kontrolowane **9**, które leżą w jednej płaszczyźnie **xy**, lokalnego wewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych, przy czym żadne trzy sygnały kontrolowane **9** spośród czterech nie leżą na jednej prostej. Ciężno pionu mechanicznego **3**, które jest drutem, posiada oś **p-p**, natomiast szyb pomiarowy **15** posiada oś **s-s**.

Przed rozpoczęciem pomiarów z użyciem inklinometru, górny koniec ciężka pionu mechanicznego **3** mocuje się do stropu **1** szybu pomiarowego **15**, za pomocą kotwy **2**. Do uchwyty **13** znajdującego się na dolnym końcu ciężka pionu mechanicznego **3**, zamocowany jest obciążnik **12** tak, aby zanurzył się w cieczy **11**, znajdującej się w pojemniku **10**, spoczywającym na dnie szybu **14**. W ustalonym poziomie obserwacyjnym **100** szybu pomiarowego **15** tej zapory wodnej, który jednocześnie pokrywa się z płaszczyzną **XY** za pomocą śrub mocujących **17**, wykorzystując otwory wzdłużne **18** i nakrętki ustalające **19**, mocuje się poziomo ramę odniesienia **4** do ścian szybu **22**. Następnie należy tak zablokować tarczę **8**, z sygnałami kontrolowanymi **9** na ciężce pionu mechanicznego **3**, wykorzystując tuleję sprzęgającą **16**, aby znalazł się wewnątrz obszaru wyznaczonego przez wszystkie sygnały odniesienia **7**. Położenie tarczy **8** i sygnałów odniesienia **7** powinno mieścić się w dobranym zakresie głębi ostrości kamery elektronicznej **6**. Parametry techniczne kamery elektronicznej **6** powinny być tak dobrane, aby uwzględniały wymiary szybu **15** w zadanym poziomie obserwacyjnym **100**, wymiary pionowego ramy odniesienia **4** oraz pionowe położenie tarczy **8** względem ramy odniesienia **4**. Przed rozpoczęciem właściwych pomiarów kamerę elektroniczną **6** należy skalibrować, czyli wyznaczyć elementy orientacji wewnętrznej wraz z parametrami dystorsji układu optycznego, stosując znane fotogrametryczne procedury.

P r z y k ł a d 2. Inklinometr wielopunktowy instaluje się jak w przykładzie 1. Następnie dodatkowe dwie ramy odniesienia **4** przytwierdza się do ściany **22** szybu pomiarowego **15** zapory wodnej, w dwóch ustalonych poziomych płaszczyznach obserwacyjnych, **101** i **102**, jak w przykładzie 1, przy czym kamery elektroniczne **6** połączone są przewodem transmisyjnym **20** z tym samym, już zainstalowanym, systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych (CRPD) **21**.

Sposób dokonywania pomiaru wychylenia

Pomiar wyjściowy w czasie **t₀** wykonuje się, gdy osie **p-p** i **s-s** są współosiowe. Uzyskuje się to w wyniku odpowiedniego montażu ramy odniesienia **4**, w zadanym poziomie obserwacyjnym **100** szybu pomiarowego **15**. Podczas montażu ramy odniesienia **4** korzystne jest, aby oś **Y**, lokalnego zewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych **XYZ**, była skierowana do ściany zapory od strony wody górnej **WG** (fig. 5). Jeżeli powyższy warunek nie będzie spełniony, należy wyznaczyć

kąt skrętu lokalnego zewnętrznego układu współrzędnych względem ściany zapory od strony wody górnej **WG**, w celu wykonania transformacji wyników pomiarów przeprowadzonych w czasie t_0 i w czasie t_1 , do jednolitego układu odniesienia. Przeliczenia realizowane są według znanych formuł matematycznych. Analogiczną zasadę montażu stosuje się na każdym n -tym poziomie obserwacyjnym.

Pomiar wyjściowy w czasie t_0 (fig. 1 i fig. 3) polega na rejestracji kamerą elektroniczną **6** obrazu wszystkich sygnałów odniesienia **7** i sygnałów kontrolowanych **9**, znajdujących się na tarczy **8**, w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**. Pomiar aktualny w czasie t_1 (fig. 2, fig. 4) polega na rejestracji kamerą elektroniczną **6** obrazu sygnałów odniesienia **7** i sygnału kontrolowanego **9**, w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**. W trakcie realizacji pomiarów tarcza **8**, z sygnałami kontrolowanymi **9**, może zmieniać swoje położenie wzdłuż osi pionu mechanicznego **p-p** względem poziomu obserwacyjnego **100**, spowodowane zmianą długości cięgna pionu mechanicznego **3**, np. na skutek występowania różnic temperatur w pionowym szybie pomiarowym **15**. Zarejestrowane kamerą elektroniczną **6** obrazy, przesyłane są przewodem transmisyjnym **20** do układu CRPD **21**, gdzie następuje ich przetwarzanie i archiwizacja. Na podstawie zarejestrowanych w czasach t_0 i t_1 obrazów położenia sygnałów odniesienia **7** i sygnału kontrolowanego **9**, wykorzystując oprogramowanie, wyznacza się przesunięcie ΔX_1 , ΔY_1 punktu **A** z położenia **A**₀ (wyznaczonego w czasie pomiaru wyjściowego t_0) i położenia **A**₁ (wyznaczonego w czasie pomiaru aktualnego t_1) (fig. 4, wzory 1÷3).

$$\Delta X_1 = X_1 - X_0 \quad (1)$$

$$\Delta Y_1 = Y_1 - Y_0 \quad (2)$$

$$\Delta Z_i^n = Z_i^n - Z_0^n \quad (3)$$

gdzie:

X_0, Y_0, Z_0 – współrzędne punktu **A** w czasie t_0 , w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**,

X_1, Y_1, Z_1 – współrzędne punktu **A** w czasie t_1 , w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**,

$\Delta X_1, \Delta Y_1, \Delta Z_1$ – przesunięcie punktu **A** wzdłuż osi **X**, **Y** i **Z** lokalnego zewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych **XYZ** w rozpatrywanym okresie czasu.

W przypadku monitorowania stanu bezpieczeństwa wysokiego obiektu inżynierskiego, np. zapory wodnej, inklinometrem wielopunktowym jak w przykładzie 2, gdzie $n=3$, tworzy się łańcuch pomiarowy, w ustalonych poziomach obserwacyjnych **100**, **101**, **102** (fig. 6 i fig. 7).

Na podstawie zarejestrowanych w czasach t_0 i t_1 obrazów położenia sygnałów odniesienia **7** i sygnału kontrolowanego **9**, wykorzystując oprogramowanie komputerowe, wyznacza się przesunięcie ΔX_1^n , ΔY_1^n i ΔZ_1^n punktu **A** z położenia **A**₀ (wyznaczonego w czasie pomiaru wyjściowego t_0) i położenia **A**₁ (wyznaczonego w czasie pomiaru aktualnego t_1) w płaszczyźnie kolejnego n -tego poziomu obserwacyjnego (wzory 4÷6).

$$\Delta X_i^n = X_i^n - X_0^n \quad (4)$$

$$\Delta Y_i^n = Y_i^n - Y_0^n \quad (5)$$

$$\Delta Z_i^n = Z_i^n - XZ_0^n \quad (6)$$

gdzie:

X_0^n, Y_0^n, Z_0^n – współrzędne punktu **A** w kolejnych płaszczyznach obserwacyjnych, w czasie t_0 , w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**,

X_1^n, Y_1^n, Z_1^n – współrzędne punktu **A** w kolejnych płaszczyznach obserwacyjnych, w czasie t_1 , w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**,

$\Delta X_1^n, \Delta Y_1^n, \Delta Z_1^n$ – przesunięcie punktu **A** wzdłuż osi **X**, **Y** i **Z** lokalnego zewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych **XYZ** w kolejnych płaszczyznach obserwacyjnych w rozpatrywanym okresie czasu.

Wykaz oznaczeń

- 1 – strop
- 2 – kotwa
- 3 – cięgno
- 4 – rama odniesienia
- 5 – wysięgnik
- 6 – kamera elektroniczna
- 7 – sygnał odniesienia
- 8 – tarcza
- 9 – sygnał kontrolowany
- 10 – pojemnik
- 11 – ciecz
- 12 – obciążnik
- 13 – uchwyt
- 14 – dno
- 15 – pionowy szyb pomiarowy
- 16 – tuleja sprzęgająca
- 17 – śruba mocująca
- 18 – otwór wzdłużny mocujący
- 19 – nakrętka ustalająca
- 100, 101, 102 – poziomy obserwacyjne wyznaczone przez płaszczyznę **XY** lokalnego zewnętrznego kartezjańskiego układu współrzędnych **XYZ**
- 20 – przewód transmisyjny
- 21 – system centralnej rejestracji i przetwarzania danych (CRPD)
- 22 – ściana
- p-p** – oś ciężna pionu mechanicznego
- s-s** – oś pionowego szybu pomiarowego
- XYZ** – lokalny zewnętrzny kartezjański układ współrzędnych
- xy** – lokalny wewnętrzny kartezjański układ współrzędnych
- t_0 – czas pomiaru wyjściowego
- t_1 – czas pomiaru aktualnego
- A** – środek tarczy w lokalnym wewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **xy**
- A₀** – położenie punktu kontrolowanego w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ** podczas pomiaru wyjściowego w czasie t_0
- A₁** – położenie punktu kontrolowanego w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ** podczas pomiaru aktualnego w czasie t_1
- WG** – woda górna na zaporze.

Zastrzeżenia patentowe

1. Inklinometr optoelektroniczny, posiadający pion mechaniczny w postaci cięgna, tarczę z sygnałami kontrolowanymi, kamerę elektroniczną, która połączona jest z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych, **znamienny tym**, że na cięgnie (3) pionu mechanicznego, znajduje się połączona z tym cięgnem (3) tarcza (8) z sygnałami kontrolowanymi (9), przy czym jeśli liczba sygnałów kontrolowanych (9) wynosi k to ilość sygnałów kontrolowanych (9), które nie mogą leżeć na jednej prostej wynosi $k-1$, oraz posiadający ramę odniesienia (4) i połączone z nią co najmniej cztery sygnały odniesienia (7), które są osadzone w jednej płaszczyźnie **XY**, w lokalnym zewnętrznym kartezjańskim układzie współrzędnych **XYZ**, przy czym jeśli liczba sygnałów odniesienia (7) wynosi m to ilość sygnałów odniesienia (7), które nie mogą leżeć na jednej prostej wynosi $m-1$, ponadto do ramy odniesienia (4) przymocowany jest wysięgnik (5) z kamerą elektroniczną (6), zwróconą w stronę sygnałów odniesienia (7) i połączoną z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych (21).
2. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cięgnem (3) pionu mechanicznego jest linka albo drut.

3. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały kontrolowane (9) mają postać koncentrycznych okręgów.
4. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały kontrolowane (9) mają postać koła.
5. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały kontrolowane (9) mają postać krzyża.
6. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały kontrolowane (9) mają postać znaku kodowego.
7. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnał kontrolowany (9) ma postać kulki.
8. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tarcza (8) jest sprzęgnięta z ciągnem (3) pionu mechanicznego za pomocą tulei sprzęgającej (16), osadzonej w tarczy (8).
9. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały odniesienia (7) mają postać koncentrycznych okręgów.
10. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały odniesienia (7) mają postać koła.
11. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały odniesienia (7) mają postać krzyża.
12. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały odniesienia (7) mają postać znaku kodowego.
13. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sygnały odniesienia (7) mają postać kulki.
14. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że rama odniesienia (4) posiada boczne otwory wzdłużne mocujące (18).
15. Inklinometr według zastrz. 14, **znamienny tym**, że rama odniesienia (4) posiada co najmniej dwa boczne otwory wzdłużne mocujące (18).
16. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kamera elektroniczna (6) połączona jest przewodem transmisyjnym (20) z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych (21).
17. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kamera elektroniczna (6) połączona jest bezprzewodowo z systemem centralnej rejestracji i przetwarzania danych (21).
18. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że system centralnej rejestracji i przetwarzania danych (21) jest przenośnym mikrokomputerem.
19. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że rama odniesienia (4) z wysięgnikiem (5) i kamerą elektroniczną (6) oraz tarczą (8) z sygnałami kontrolowanymi (9) jest elementem wielokrotnie powielonym i zamocowanym w poziomach obserwacyjnych (100), (101) i (102) pionowego szybu pomiarowego (15).
20. Inklinometr według zastrz. 19, **znamienny tym**, że składa się z co najmniej dwóch układów pomiarowych podłączonych do jednego systemu centralnej rejestracji i przetwarzania danych (21).
21. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tarcza (8) jest elementem płaskim i ma postać koła.
22. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tarcza (8) jest elementem płaskim i ma postać wieloboku.
23. Inklinometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tarcza (8) ma postać ażurową.

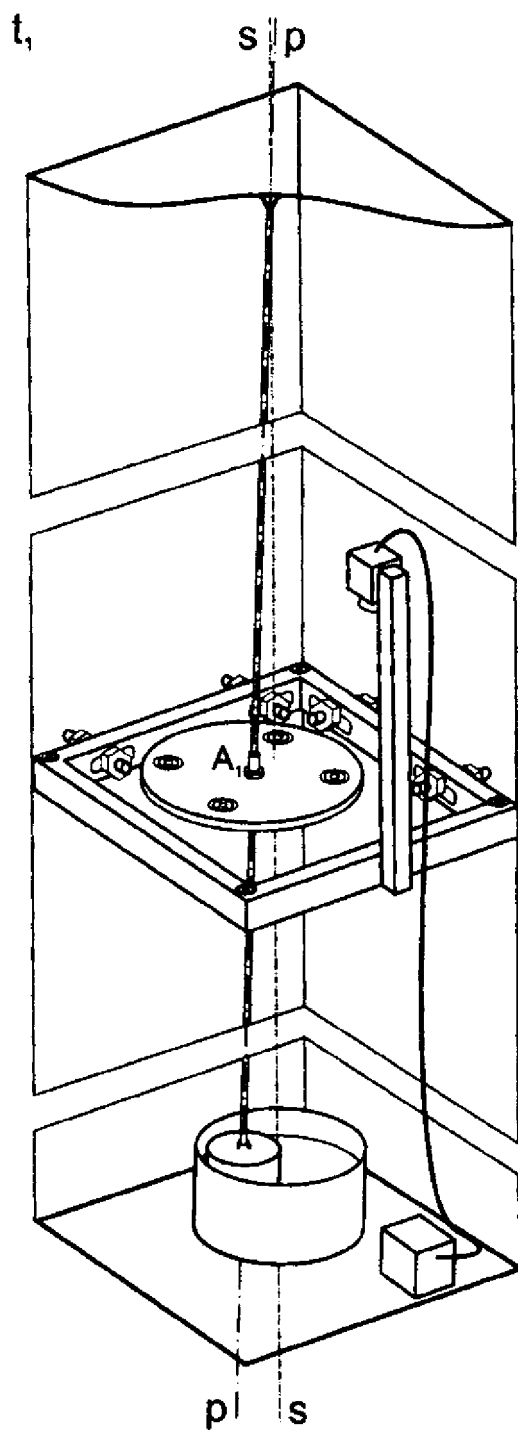


Fig. 2

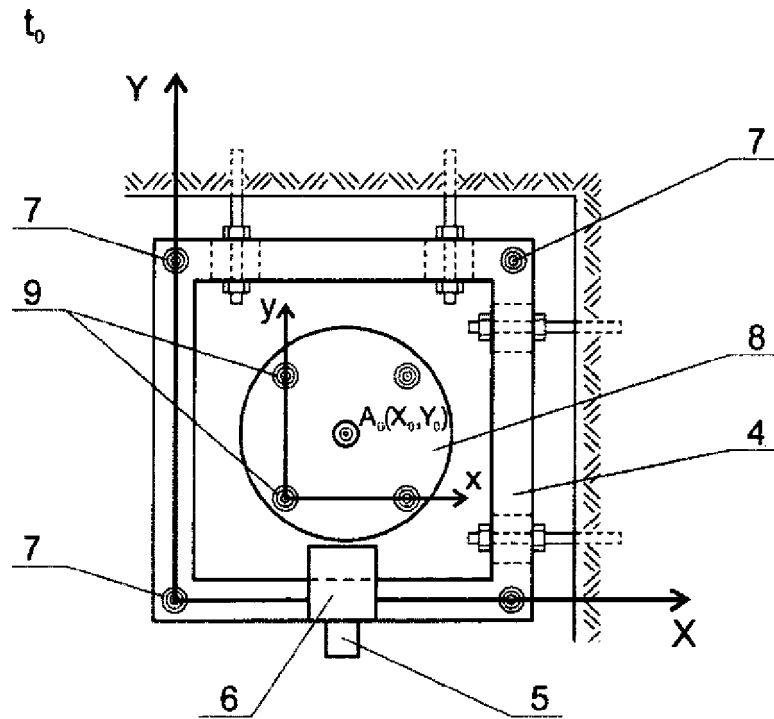


Fig. 3

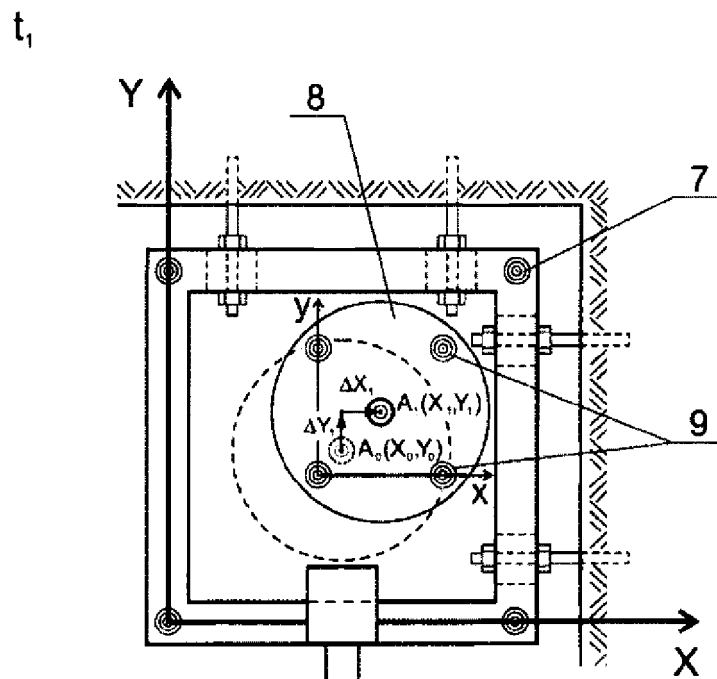


Fig. 4

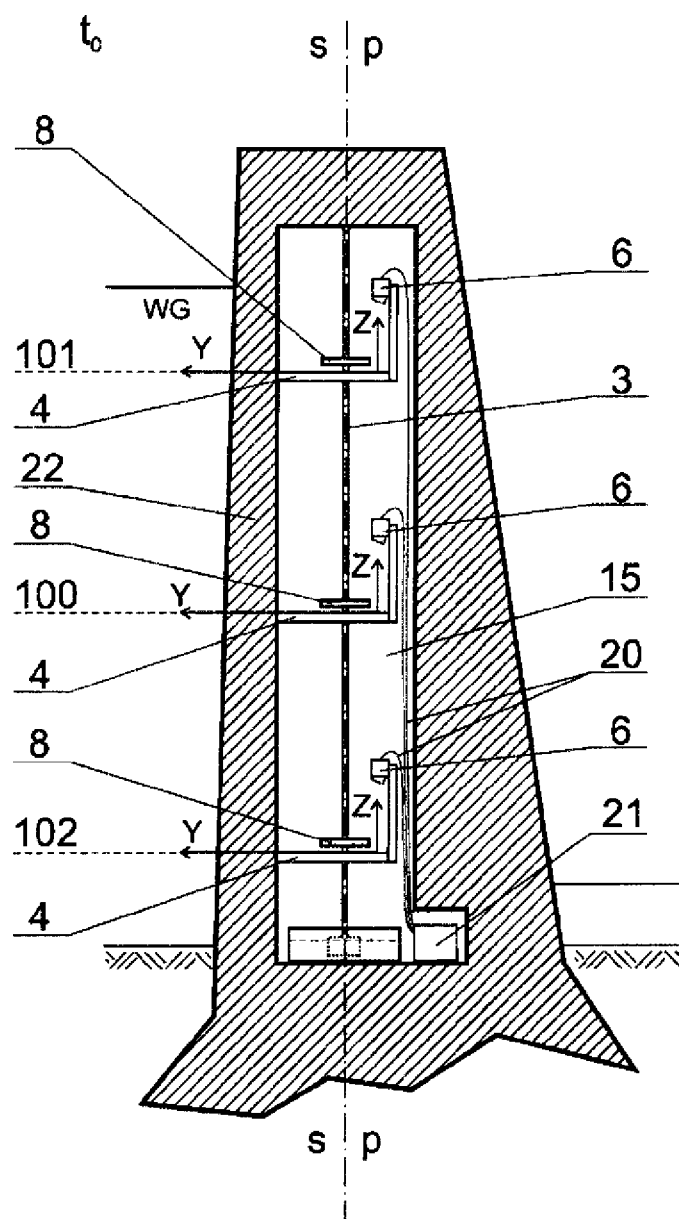


Fig. 5

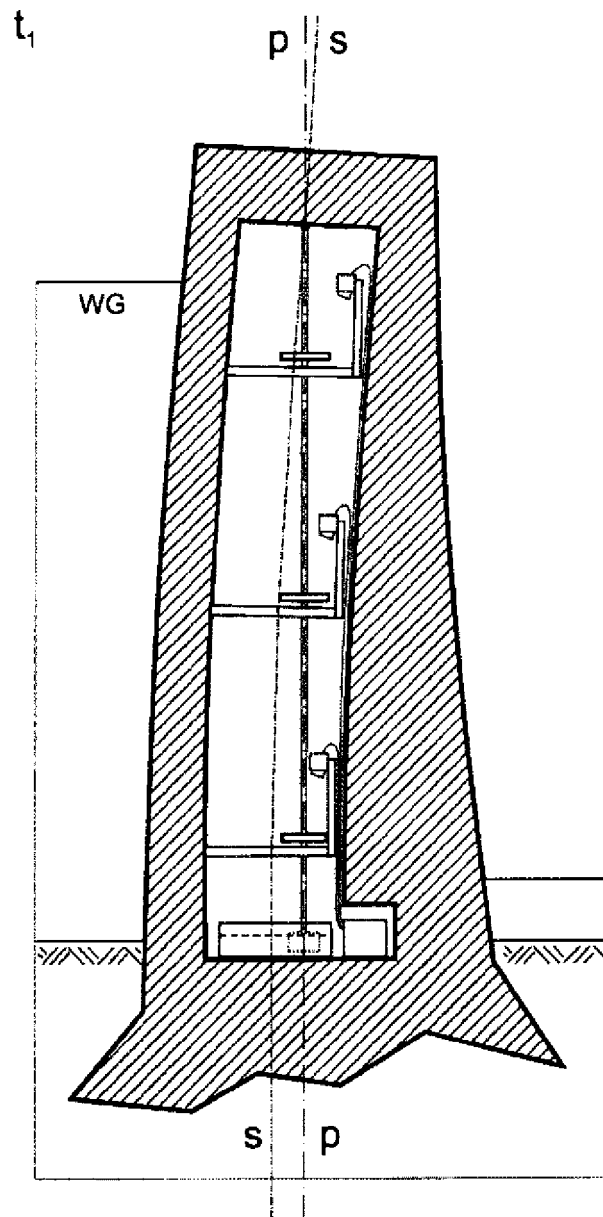


Fig. 6