

Laserowy system pomiaru parametrów geometrii obudowy szybu i jego wyposażenia

W Głównym Instytucie Górnictwa pracowano nowatorski system laserowego wyposażenia, który umożliwi wprowadzenie nowych metod pomiarowych parametrów geometrii obudowy szybu i jego wyposażenia, zapewni zdecydowaną poprawę warunków ruchowych i ekonomicznych prowadzenia kontroli wyposażenia i obudowy szybowej.

Istotną zaletą nowego rozwiązania jest całkowita eliminacja pionów mechanicznych przy prowadzeniu prac geodezyjnych w szybach górniczych, a co za tym idzie wyeliminowanie bardzo niebezpiecznych i skomplikowanych prac szybowych. Piony laserowe z kontrolą ich stabilności, matryce PSD z matówkami, dalmierze laserowe, rejestrator cyfrowy, oprogramowanie zapewniają automatyczny, bezpieczny i szybki pomiar, a następnie analizę prostoliniowości, pionowości i deformacji przewodników szybowych i obmurza.

Przeprowadzono badania laboratoryjne w Głównym Instytucie Górnictwa i badania ruchowe w dwóch szybach różnych zakładów górniczych kopalni węgla kamiennego w celu optymalizacji parametrów wykonywania pomiarów oraz obsługi technicznej.

Opis

Zestawy pomiarowe składają się z: dwóch pionowników laserowych z kontrolą stabilności położenia, dwóch detektorów przestrzennego położenia plamki, podwójnego kompletu czujników odległości (przemieszczenia) do czołowych i bocznych płaszczyzn przewodników, licznika dźwigarów, licznika drogi, wspólnego rejestratora cyfrowego z wyświetlaczem.

Zasadnicze elementy systemu dla realizacji metody emisji i kontroli położenia pionu laserowego w szybie oraz pomiaru geometrii przewodników szybowych przedstawione są na schemacie (rys.1).

System dla realizacji metody automatycznego badania parametrów geometrii torów prowadzenia naczyń wyciągowych składa się z: pionownika laserowego **1**, kontrolowanego laserowym czujnikiem wychyleń **2**, pionu laserowego **3**, zespołu detekcyjnego **4**, rejestratora **5**. Zespół pionownika **1** składa się z modułu laserowego (laser i kolimator) **6** i czujnika wychyleń **2** i jest urządzeniem dwufunkcyjnym, umożliwiającym dokładne wytyczanie bezwzględnie pionu optycznego **3** dla wykonywania pomiarów geodezyjnych wraz z ciągłą kontrolą stabilności tego pionu. Zespół pionownika **1** trwale związany jest z przewodnikiem **7** poprzez spodarkę geodezyjną **8** i łącznikowy uchwyt **9**. Zespół detekcyjny **4** składa się z matówki **10**, obiektywu **11**, matrycy PSD **12**, czujników drogi i odległości **13** do przewodnika **7**. Rejestrator cyfrowy **5** instalowany jest w klatce szybowej **14**.

Skolimowana wiązka laserowa **3** z pionownika **1** pada na matówkę **10**, tworząc obraz na jej powierzchni, który jest analizowany przestrzennie przy pomocy obiektywu **11** i matrycy **12**. Położenie przewodnika **7** względem układu detekcyjnego **4** realizowane jest przy pomocy czujników drogi i odległości **13**. Sygnały prądowe z matrycy **12** i czujników pomiarowych **13** rejestrowane są za pomocą rejestratora cyfrowego **5**.

System emisji i kontroli położenia pionu laserowego.

Nadajnik jest urządzeniem dwufunkcyjnym, umożliwiającym dokładne wytyczanie bezwzględnie pionu optycznego, z ciągłą optoelektroniczną kontrolą jego stabilności.

Źródłem światła jest moduł laserowy ML-50S-658-30. Emituje on wiązkę promieniowania o bardzo małej rozbieżności. Barwa czerwona plamki laserowej (658 nm) jest optymalna, ze względu na wysoką czułość matrycy detekcyjnej PSD dla tej długości fali.

Laserowy czujnik wychyleń montowany jest nad korpusem modułu laserowego, a obydwie są zasilane wspólnym iskrobezpiecznym zasilaczem akumulatorowym. Pionownik instalowany jest na płycie mocowanej w zacisku montowanym na przewodniku.

Układ detekcyjno – pomiarowy

Zespół pomiarowy składa się z modułu detekcyjnego i pomiarowego. Układ detekcyjny składa się z dwuwymiarowej matrycy 5 PSD f-my Hamamatsu typ S 1880 z układem przetwarzania sygnału C4674 w obudowie IP 67 ze stali nierdzewnej i współpracującego z nią układu optycznego w postaci matówki i obiektywu fotograficznego związanego z matrycą. Matówka, obiektyw, matryca umieszczone są na stalowej konstrukcji nośnej układu detekcyjno-pomiarowego obudowanej osłonami pyło- i wodoszczelnymi. Do konstrukcji tej mocowane są również elementy modułu pomiarowego. Zasadniczymi elementami tego modułu są czujniki odległości: doczołowej i bocznych do przewodnika szybowego. Czujniki układu pomiarowego są związane geometrycznie - mechanicznie - z konstrukcją nośną za pomocą wysięgników obejmujących przewodnik szybowy. Enkoder impulsowy do pomiaru drogi oraz licznik dźwigarów są mocowane niezależnie w klatce szybowej za pomocą uchwytów magnetycznych.

Rejestrator

Sygnały wyjściowe analogowe z matrycy opisują położenie plamki w osiach X, Y na powierzchni matówki. Wprowadzane są przez kartę przetwornika A/D do rejestratora cyfrowego będącego komputerem przemysłowym w klatce montażowej IPC-60065P5-0B1, zabezpieczonym w stalowej obudowie IP 64 .

Rejestrator cyfrowy wyposażony jest w wyświetlacz, przyciski klawiatury sterującej oraz w złącze cyfrowe RS. Dane pomiarowe zapisywane są w formacie tekstowym umożliwiającym wprowadzenie ich do arkuszy kalkulacyjnych i programów specjalistycznych Przedsiębiorstwa Miernictwa Górniczego.

Badania i próby ruchowe

Wykonanie w modeli systemów pomiarowych, umożliwiło przeprowadzenie badań laboratoryjnych, a następnie prób ruchowych systemu w warunkach szybowych.

Badania laboratoryjne przeprowadzono na etapie budowy i sprawdzania wstępnych modeli elementów systemu pomiarowego. Badano jakość plamki laserowej, ustawianie pionu, kąt widzenia obiektywu, czułość matrycy i zakresy pomiarowe dla wybranych geometrii pomiaru. Oceniono liniowość odwzorowania, a także jej skuteczność w warunkach skrajnie trudnych, przy występowaniu pary wodnej i mokrej powierzchni matówki.

Pozytywne wyniki badań laboratoryjnych spowodowały rozpoczęcie prac projektowych modelu w wersji przemysłowej, wyposażonego dodatkowo w czujniki odległości, rejestrator cyfrowy, obudowę.

Wybór szybów dla przeprowadzenia badań

Zleceniodawca Projektu (Przedsiębiorstwo Miernictwa Górniczego w Katowicach) przeprowadził przegląd szybów, w których wcześniej prowadzone były pomiary dotychczasowymi (klasycznymi) metodami pomiarowymi. Na tej podstawie opracował dokumentację poligonową i inwentaryzacyjną dla dwóch szybów wybranych do prób ruchowych.

Najważniejsze parametry tych szybów to:
Murcki I

Szyb „I”, średnica szybu 7 m; szyb jednoprzędziałowy; głębokość ciągnięcia 500 m

Wyposażony w dwa skipy; wyposażony w cztery ciągi przewodników stalowych mocowanych do dźwigarów.

Podziałka zbrojenia w odstępach pionowych 3,2 m.

Janina III

Szyb „III”; średnica szybu 8 m; szyb dwuprzędziłowy; głębokość ciągnięcia 350 m

Przedział północny wyposażony w skip i przeciwcieżar,

Przedział południowy wyposażony w dwie klatki.

Wyposażony w osiem ciągów przewodników stalowych mocowanych do dźwigarów

Podziałka zbrojenia w odstępach pionowych 3,0 m.

Uzyskano zgodę Kierownictwa Zakładów Górniczych na przeprowadzenie takich prób w dogodnych dla Kopalni terminach (niedziele). Przygotowano logistykę pomiaru zgodnie z obowiązującymi przepisami bezpieczeństwa w zakresie prowadzenia prac pomiarowych w szybie.

Optymalizacja prędkości pomiarowej

Naczynie poruszające się w szybie jest prowadzone w nim wzdłuż przewodników za pomocą przewodniczących się po przewodnikach. Przewodniki mocowane są do poziomych belek zwanych dźwigarami szybowymi lub do wsporników kotwionych bezpośrednio do obmurza szybowego.

Na naczynie wyciągowe poruszające się wzdłuż ciągów przewodniczących działa w każdej chwili układ sił, którego wypadkowa zależy od fazy ruchu wyciągu szybowego.

W celu uniknięcia powstawania zakłóceń w trakcie pomiarów należy tak dobrać prędkość jazdy naczynia, aby jego przyspieszenia poziome działające w kierunku czoła przewodnika jak i jego płaszczyzny bocznej były jak najmniejsze.

Dlatego wcześniej wykonano cykl pomiarów tych przyspieszeń dla różnych szybów o różnych rozwiązaniach technicznych zbrojenia szybowego i naczyń wyciągowych. Uzyskane wyniki pomiarów, pozwalają nam na określenie prędkości pomiarowej naczynia wyciągowego równego 1 m/s. Prędkość ta jest również optymalna z uwagi na wymogi eksploatacyjne, gdyż jest równa prędkości rewizyjnej naczynia wyciągowego.

Badania: Szyb I KWK „Murcki”

Pierwsze próby przeprowadzono we wrześniu 2007 w Szybie I KWK „Murcki”. Obsługa techniczna polegała na zamontowaniu zawiesia z wsięgnikiem do przewodnika, przy pomocy odpowiednio skręcanych obejm. Na rys.2 przedstawiony jest montaż przemysłowej wersji pionownika. Kolejnym etapem było ustawianie pionu, przy pomocy wskazań laserowego czujnika wychyleń i przeprowadzenie regulacji na śrubach spodarki geodezyjnej. Po założeniu osłony nadajnik laserowy był gotowy do pracy. Matówkę z matrycą w stelażu obudowy zamontowano na naczyniu wyciągowym, między zawiesiem, a brzegiem klatki – częściowo nad prowadnicą toczną (rys.3).

Wykonano 3 kolejne przejazdy naczyniem wyciągowym z prędkością rewizyjną od zrębu do ostatniego pomostu nad dnem szybu. Odczytywano napięcia z matrycy PSD w funkcji głębokości. Po pomiarach w laboratorium dokonano skalowania funkcji przesunięcie – napięcie z matrycy, uzyskując charakterystykę pomiarową. Następnie wyznaczono profil przewodnika z danych pomiarowych.

Badania: Szyb III KWK „Janina” w Libiążu

Po dokonaniu niezbędnych korekt i uzupełnieniu zestawu pomiarowego o rejestrator cyfrowy, przeprowadzono kolejne badania ruchowe w Szybie III KWK „Janina” w Libiążu. Nadajnik laserowy zamocowano na przewodniku ok. 6 m nad zrębem szybu, układ detekcyjny z matówką zainstalowano na naczyniu wyciągowym, między zawiesiem, a brzegiem klatki – częściowo nad przewodnicą toczną. Ustalono położenie czujników odległości do płaszczyzn przewodnika w połowie ich zakresów pomiarowych. Rejestrator wraz z obsługą znajdował się w naczyniu wyciągowym, na jego górnym pomoście, bezpośrednio pod układem detekcyjnym (rys. 4).

Wykonano jeden przejazd próbny oraz 3 kolejne przejazdy pomiarowe naczyniem wyciągowym z prędkością rewizyjną od zrębu do ostatniego pomostu nad dnem szybu. Po przejeździe próbnym dokonano korekty ustawienia pionu przy pomocy naczynia z cieczą odbijającą promień laserowy na dystansie ok. 12 m. Rejestrowano w programie *Rejestrator* wartości położenia plamki laserowej na matówce oraz odległości do przewodnika w funkcji numeracji kolejnych mijanych dźwigarów. Każdy cykl pomiarowy był zamykany i zapisywany, co powodowało tworzenie tabel pomiarowych programu i plików tekstowych z wynikami pomiaru. W trakcie pomiaru możliwa była bezpośrednia – w czasie rzeczywistym - kontrola wyników z kanałów pomiarowych poprzez obserwację wartości na wyświetlaczu rejestratora.

Wyniki badań

Stwierdzono poprawność funkcjonowania wszystkich elementów systemu. Sprawdzono system pozycjonowania czujników odległości do przewodnika.

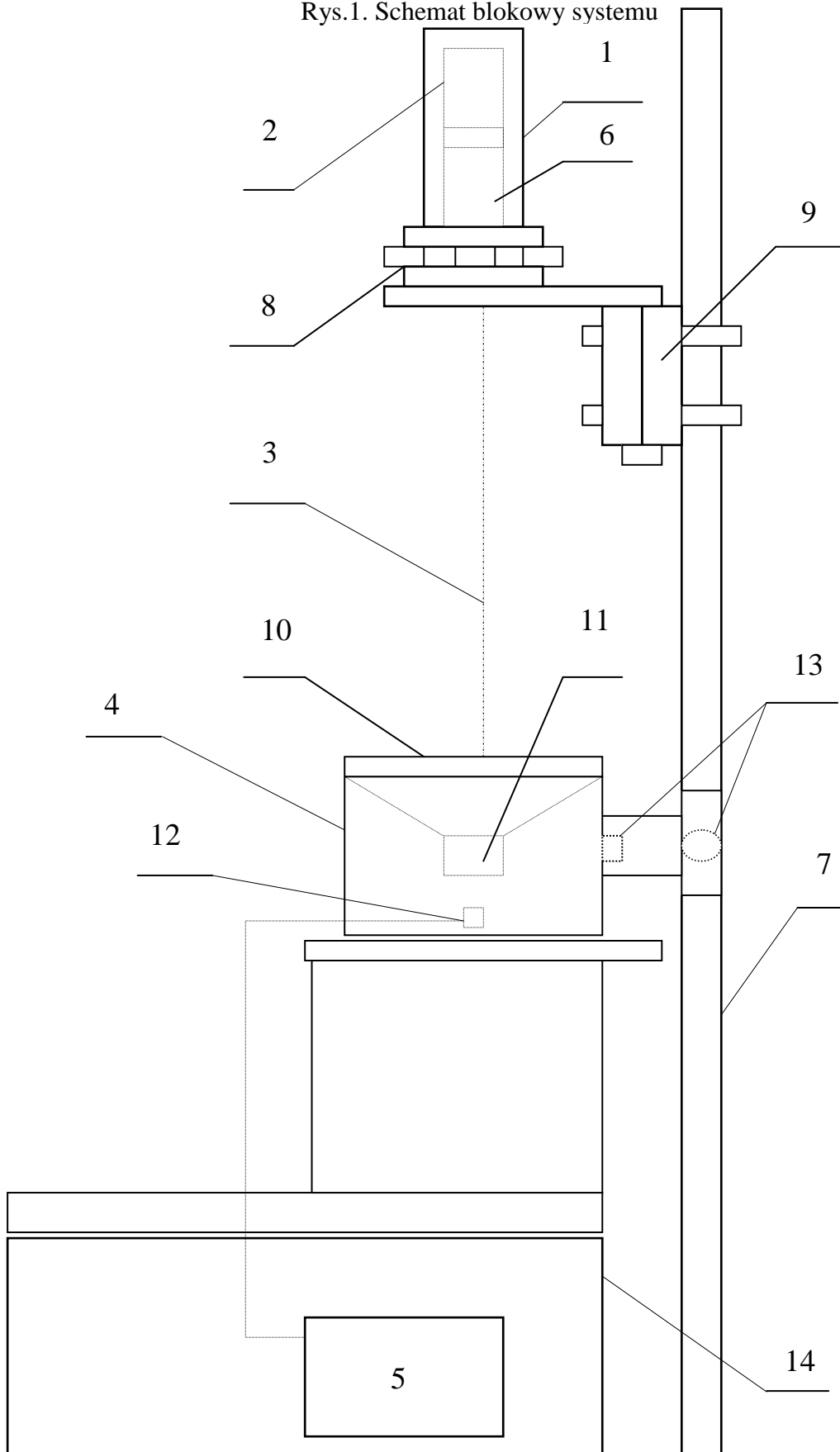
Na rys. 5 zilustrowano rezultaty badania przewodnika. Przedstawia on wychylenie szybu (do środka – *N* i boczne – *E*) i deformacje przewodnika (doczołowe – *środek* i boczne – *lewa*, *prawa*) jako zbiorczy wynik trzech przejazdów pomiarowych, zrealizowanych po korekcie ustawienia pionu. Taka wizualizacja wyników pomiaru dobrze obrazuje prostoliniowość i wychylenie szybu, jak i wskazuje dźwigary, przy których występują największe odchylenia przewodnika (doczołowe i boczne) od prostoliniowości (dźwigar nr 33,51,75,80,84).

Uzyskane wyniki pomiarów, pozwoliły na określenie prędkości pomiarowej naczynia wyciągowego na poziomie 1 m/s. Prędkość ta jest również optymalna z uwagi na wymogi eksploatacyjne, gdyż jest równa prędkości rewizyjnej naczynia wyciągowego.

Rozwiązanie powstało w ramach pracy badawczej: *”Opracowanie nowej metody pomiaru parametrów geometrii obudowy szybu i jego wyposażenia”*, Projekt Celowy 6 ZR8 2005 C/06654 i chronione jest polskimi patentami i zgłoszeniami patentowymi:

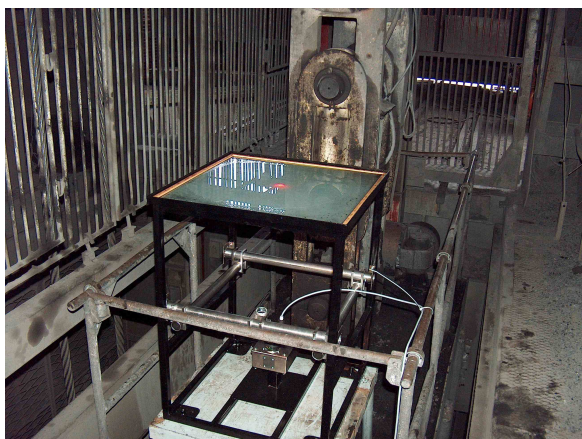
1. Wzór Użytkowy PL 62665 „*Urządzenie do pomiaru wychyleń budowli i konstrukcji inżynierskich*”
2. Patent PL-183400, Szade A. i in., *”Sposób oraz urządzenie do ciągłego, optoelektronicznego pomiaru wychyleń budowli i konstrukcji inżynierskich”*, 2002
3. Zgłoszenie patentowe: SPOSÓB AUTOMATYCZNEGO WYZNACZANIA POŁOŻENIA PLAMKI LASEROWEJ W PRZESTRZENI, w Urzędzie Patentowym RP dnia 22.11.2007 r. pod numerem P 383843 na rzecz Głównego Instytutu Górnictwa. (Szade A. i in.)
4. Zgłoszenie patentowe: SYSTEM AUTOMATYCZNEGO BADANIA PARAMETRÓW GEOMETRII TORÓW PROWADZENIA NACZYŃ WYCIĄGOWYCH, w Urzędzie

Rys.1. Schemat blokowy systemu





Rys.2. Montaż nadajnika laserowego w szybie

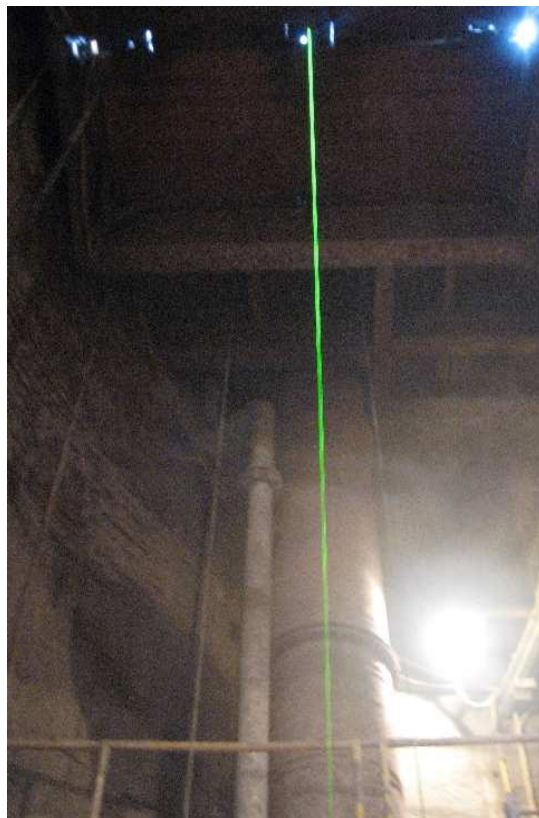


Rys.3. Układ pomiarowy na klatce szybowej



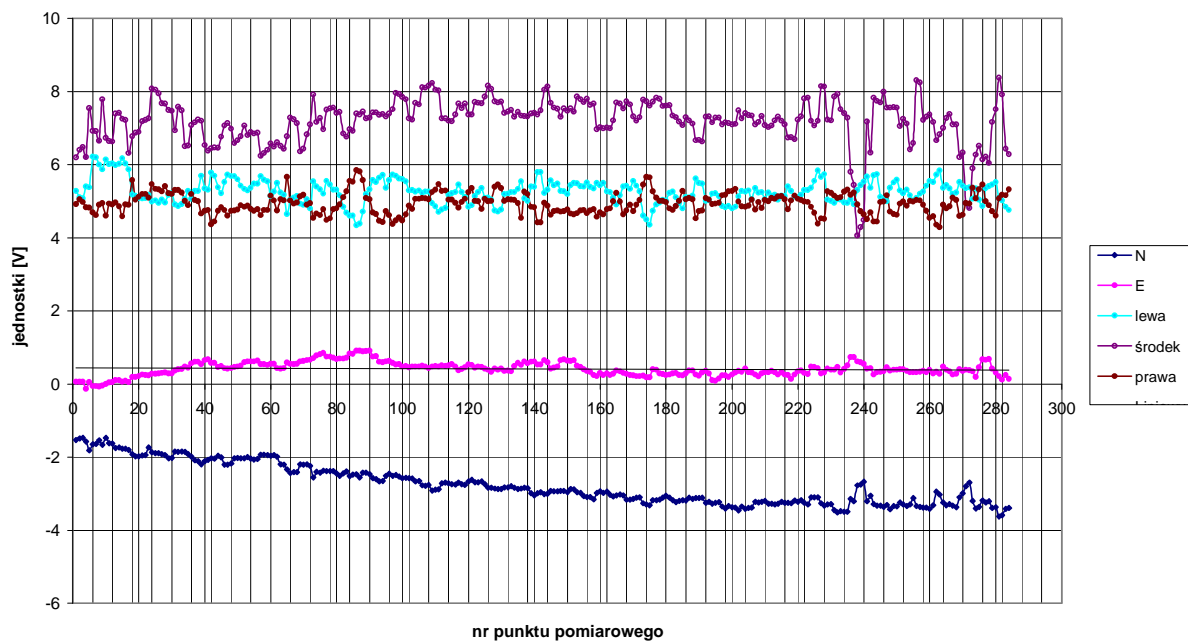
Rejestrator w klatce

Rys.4.
szybowej



Rys.5. Pion laserowy w szybie

badanie przewodnika 3 przejazdy



Rys.6. Prostoliniowość i wychylenie przewodnika – wynik pomiaru